บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 เครื่องปรับอากาศ (Air Conditioner)

2.1.1 ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

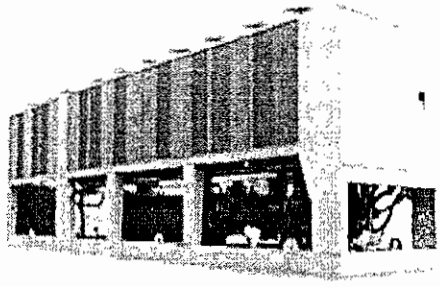
เนื่องด้วยในการติดตั้งเครื่องปรับอากาศแบบต่างๆทั้งแบบแยกส่วน, แบบหน้าต่าง, และแบบ Packaged Unit มีข้อจำกัดบางประการเช่น เรื่องระยะห่างระหว่าง Condensing Unit กับ FCU ซึ่งห่างกันไม่ได้มากสำหรับของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน, ส่วนของเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง จะดูไม่สวยงาม รวมทั้งมีเสียงดังและเครื่องปรับอากาศแบบ Packaged Unit ก็มีเสียงดังและมีการควบคุมอุณหภูมิที่ค่อนข้างไม่แน่นอน เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมินั้นจำเป็นต้องอาศัยการตัด-ต่อการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นจึงได้มีการนำเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อทำน้ำเย็นก่อนแล้ว จึงใช้น้ำเย็นนี้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความเย็นต่อไปให้กับ FCU หรือ AHU อีกต่อหนึ่ง

ส่วนโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นนั้น ก็มีลักษณะเหมือนเครื่องปรับอากาศทุกชนิดทั่วไป คือ มีวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) เหมือนเดิม เพียงแต่แทนที่อีวาโปเรเตอร์จะทำความเย็นให้อากาศโดยตรง ก็จะทำความเย็นให้กับน้ำก่อน เมื่อน้ำเย็นแล้ว จึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นต่อไป

เหตุที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นนี้ เนื่องจากน้ำสามารถสูบจ่ายไปได้ไกลๆได้โดยไม่มีปัญหา การควบคุมปริมาณของน้ำก็ทำได้สะดวกส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมินั้นสามารถควบคุมได้ง่ายกว่าและมีความแม่นยำอีกด้วยนอกจากนี้การ ที่ไม่มีคอมเพรสเซอร์อยู่กับ FCU หรือ AHU ทำให้ไม่เกิดปัญหาเสียงดังอีกด้วย

2.1.1.1 Air Cooled Water Chiller

คือ เครื่องทำน้ำเย็นที่ต้องอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ จะลักษณะงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มาก (แต่มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้ อย่างไรก็ตามเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศแบบนี้จะกินไฟมากกว่า เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (โดยทั่วไปเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกินไฟประมาณ 1.4-1.6 กิโลวัตต์/ตัน)



รูปที่ 2.1 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็นนี้ จะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) จ่ายเข้าสู่ระบบไปยัง FCU และ AHU โดยอุณหภูมิน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ 7 องศาเซลเซียส เมื่อใช้งานผ่าน FCU หรือ AHU แล้ว จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็น 12 องศาเซลเซียสหลังจากนั้นก็จะถูกส่งมายังเครื่องทำน้เย็นอีกครั้ง

ระบบส่งน้ำเย็นนี้จะต้องอาศัยท่อน้ำเย็น (Chilled Water Pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (Supply Chilled Water Pipe) และท่อน้ำเย็นกลับ (Return Chilled Water Pipe) ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันน้ำที่เกาะท่อ (Condensation)

คอมเพรสเซอร์ที่ใช้มักจะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ หากมีขนาดใหญ่ก็อาจจะมีชนิดที่เป็นสกรู ส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่ง จะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริงๆ เท่านั้นที่ออกแบบมาใช้แถบตะวันออก ซึ่งจะไม่พบเห็นลักษณะนี้ในประเทศไทย

2.1.1.2 Water Cooled Water Chiller

ในกรณีที่โครงการที่มีขนาดใหญ่ และมีความต้องการความเย็นมากนิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ เพราะจะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ (0.62-0.75 กิโลวัตต์/ตัน) ทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่กินไฟน้อยกว่าเครื่องแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ระบบนี้จะต้องมีหอระบายความร้อน และจะต้องมีน้ำเพียงพอ พร้อมทั้งมีคุณภาพเหมาะสมกับการนำมาเติมที่หอระบายความร้อนอีกด้วย

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นเหมือนกับเครื่องแบบ Air-cooled เพียงแต่แทนที่จะระบายความร้อนด้วยอากาศ ก็กลายเป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำแทน

ระบบท่อน้ำระบายความร้อน หรือที่เรียกกันว่า Condenser Water ประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อมาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น คอมเพรสเซอร์จะมีทั้งชนิดลูกสูบ, สกรู และแบบหอยโข่ง

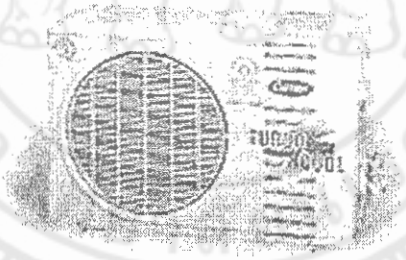
2.1.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เป็นเครื่องที่ดัดแปลงมาจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างโดยจะแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่อยู่นอกห้องเรียกว่า Outdoor Unit หรือ Condensing Unit ส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า Indoor Unit หรือ Evaporator Unit หรือเชิงพาณิชย์เรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิต (Fan Coil Unit, FCU) หรือ ถ้ามีขนาดใหญ่ลักษณะเป็นตู้ เรียกว่า เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU)

ในปัจจุบันส่วน Indoor Unit ยังมีรุ่นใหม่ๆ เกิดขึ้นอีก เช่น รุ่น Wall Type, Cassette Type, Column Type ฯลฯ

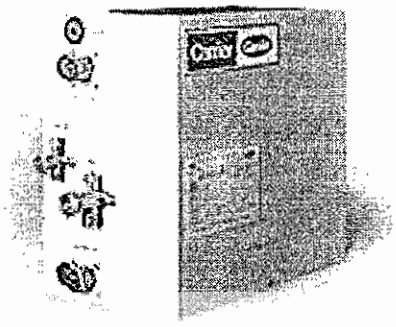
เครื่องปรับอากาศเหล่านี้ จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะมักจะเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (0.75-30 ตัน)

ตำแหน่งที่วาง Condensing Unit จะต้องเป็นที่ที่ระบายอากาศได้ดี หากติดตั้งในอาคารสูงจะต้องพิจารณาผลจากแรงลมที่จะมาปะทะอาคารนั้นด้วย โดยทั่วไป CDU ควรอยู่ห่าง FCU หรือ AHU ไม่เกิน 15 เมตร เนื่องจากจะส่งผลกับประสิทธิภาพการทำงานของเครื่อง และปัญหาระบบน้ำมันหล่อลื่นภายในระบบ ซึ่งจะมีผลโดยตรงกับการทำงานและอายุของคอมเพรสเซอร์ หากมีความจำเป็นที่จะต้องเดินท่อน้ำยาไกลกว่านี้ จะต้อง มีความรู้ทางด้านเทคนิคในการเดินท่อน้ำยาที่ถูกต้อง



รูปที่ 2.2 Condensing Unit แบบระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

การพิจารณาที่ตั้ง Condensing Unit ต้องทราบถึงลักษณะของเครื่องที่จะใช้ เพราะทั้งนี้มีทั้งรุ่นที่เป่าลมร้อนด้านข้าง และรุ่นที่เป่าลมร้อนขึ้นด้านบน รวมทั้งลักษณะการนำลมเข้ามาระบายความร้อนของเครื่องว่าลมเข้าในลักษณะใด เพื่อให้เครื่องระบายความร้อนได้ดี นอกจากนี้จะต้องพิจารณาไม่ให้ลมร้อนที่เป่าออกจากเครื่องย้อนกลับมาที่เครื่องอีก เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องลดลง



รูปที่ 2.3 Condensing Unit แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ .

เครื่องปรับอากาศแยกส่วนนี้ มีรุ่นที่ใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำด้วย แต่มักจะใช้เป็นเครื่องเสริม เมื่อต้องใช้นอกเวลาทำการปกติ ในอาคารที่มีหอระบายความร้อนอยู่ โดยการแขวน Water-cooled Condensing Unit ไว้ในห้องเครื่อง หรือห้องเก็บของ แล้วต่อท่อน้ำยาไปยัง FCU ที่สามารถติดตั้งไว้ภายในห้องที่ต้องการได้ การระบายความร้อนของ Condensing Unit ก็ใช้วิธีต่อท่อน้ำระบายความร้อนจากระบบของหอระบายความร้อน

การควบคุมอุณหภูมินั้นโดยทั่วไปต้องอาศัยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) เพื่อควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ให้หยุดหรือเดินตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทรุ่นหลังๆ ที่มีคุณภาพจะเป็นแบบอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งมีความแม่นยำสูง ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และช่วยในการประหยัดไฟฟ้ามากขึ้น

อุปกรณ์นี้เราจะพบว่ามีทั้งรุ่นที่เป็นรีโมท (Remote) แบบมีสาย หรือไร้สาย สามารถตั้งเวลาได้ มี Mode การทำงานมากขึ้น เช่น Econo Mode เพื่อประหยัดพลังงาน และ Sleep Mode เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นหลังจากที่เราหลับแล้ว นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่ใช้ Fuzzy Logic Control ที่จะทำให้ระบบควบคุมสั่งการทำงานของเครื่องปรับอากาศ มีความคิดใกล้เคียงกับสมองของคนมากขึ้น เครื่องรุ่นใหม่ๆ บางรุ่นยังมีเครื่องฟอกอากาศ (Air Cleaner) ติดตั้งมาภายในเครื่อง FCU เลย เนื่องจากมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพของอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality - IAQ) กันมากขึ้น

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ ยังเน้นที่การใช้ที่ตั้ง Condensing Unit น้อยลง โดยออกแบบให้เครื่อง Condensing Unit เครื่องเดียวให้สามารถที่จะใช้กับ Fancoil ได้หลายขด ในเครื่องปรับอากาศรุ่นใหม่นี้จะใช้คอมเพรสเซอร์ที่ปรับรอบได้ ประกอบกับถังสำรองสารทำความเย็น และน้ำมันหล่อลื่น และใช้วาล์วอิเลคทรอนิกส์ในการควบคุมการจ่ายสารทำความเย็นไปยัง Fancoil Unit จุดเด่นของเครื่องรุ่นใหม่ก็คือ Fancoil Unit แต่ละตัวสามารถเปิดปิดได้โดยอิสระ และสามารถมีขนาดที่แตกต่างกันได้

2.2 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

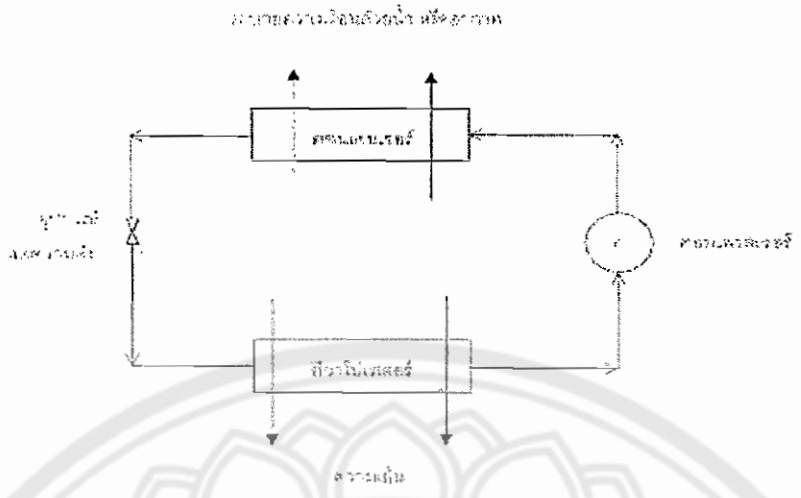
เครื่องปรับอากาศทุกชนิด มีหลักการทำงานเหมือนๆกัน คือใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และความร้อนแฝงจากการระเหยนี้ เช่น น้ำ เมื่อระเหยกลายเป็นไอ ตัวเองก็จะเย็นลง เนื่องจากได้ใช้ความร้อนแฝงไปในการระเหย ความเย็นลักษณะนี้ ก็คือความเย็นที่เราสามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศ

น้ำก็เป็นสารทำความเย็น โดยเรียกว่า R-718 แต่เนื่องจากน้ำมีคุณสมบัติในการระเหยช้าเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารทำความเย็นที่ มีประสิทธิภาพได้โดยตรง (มีการนำน้ำมาใช้เป็นสารทำความเย็น ในเครื่องทำความเย็นที่เรียกว่า Absorption แต่ต้องเพิ่มส่วนผสมของสารเคมี เช่น ลิเธียมโบรไมด์ ของเครื่องแบบ Absorption อาศัยความร้อนจากไอน้ำ หรือความร้อนที่เหลือจากขบวนการผลิตในการทำงานอุตสาหกรรม)

นักเคมีจึงได้คิดค้นหาสารทำความเย็นตัวใหม่ที่ระเหยได้เร็ว และมีค่าความร้อนแฝงมาก จะได้ความเย็นมากๆ ในเวลาที่สั้นลง ในที่สุดก็พบว่าสารที่ประกอบด้วย คาร์บอน, ฟลูออรีน, คลอรีน และไฮโดรเจน เป็นหลัก มีคุณสมบัติที่ว่านี้ จึงได้มีการสังเคราะห์สารทำความเย็นออกมา เรียกว่า น้ำยาแอร์ หรือ สารทำความเย็น (Refrigerant) หรือบางคนเรียกว่า ฟรีออน (Freeon) มีชื่อเรียกต่างๆกัน ตามองค์ประกอบที่ต่างกัน เช่น R-11, R-12, R-22, R-502

การทำความเย็นของระบบปรับอากาศ จะอาศัยหลักการระเหยของสารทำความเย็น เนื่องจากสารทำความเย็นมีราคาค่อนข้างแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไปนั้นจะก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม เมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหย หรืออัด (Press) ไอ โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่อัดนี้ ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย เราก็ต้องมีวิธีการในการระบายความร้อนนี้ออกไป โดยอาจจะใช้อากาศ (Air-cooled) หรือ น้ำ (Water-cooled) ในการระบายความร้อนก็ได้ เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้ง จะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดัน สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก มักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วาล์วลดความดัน (Thermal Expansion Valve) หรือการใช้ขดท่อทองแดงเล็กๆ (Capillary Tube) ที่ให้ค่าแรงเสียดทานที่พอเหมาะ ก็ใช้ในการปรับลดความดันนี้ได้ดี ซึ่งจากที่กล่าวมานี้สามารถแสดงด้วยวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ดังนี้



รูปที่ 2.4 วงจรทำความเย็น

<u>คอนเดนเซอร์</u> : หรือเรียกว่าคอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารทำความเย็นระบายความร้อน เป็นที่ที่สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนมีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled)

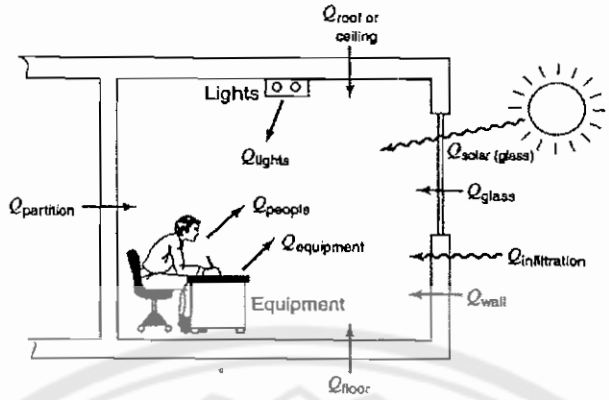
<u>อีวาโปเรเตอร์</u> : คือ หรือเรียกว่าคอยล์เย็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็น เป็นที่ที่สารทำความเย็นระเหย

<u>อุปกรณ์ลดความดัน</u> : เช่น Thermal Expansion Valve หรือ Capillary Tube

<u>คอมเพรสเซอร์</u> : เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น และอัดเพื่อให้เกิดการควบแน่น มีทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี่ (Rotary Compressor), หรือในเครื่องขนาดใหญ่อาจจะเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) หรือ แบบสกรู (Screw Compressor)

2.3 <u>การคำนวณภาระทำความเย็นของห้อง (cooling Load)</u>

อากาศที่อยู่ภายในอาคาร ในห้องทำงาน จะรับเอาความร้อนจากแหล่งต่างๆระหว่างมีการปรับอากาศ ถ้าอุณหภูมิและความชื้นของอากาศถูกควบคุมและรักษาไว้ในระดับที่ทำให้เกิดความสบายต่อผู้อาศัย ความร้อนส่วนนี้ก็จะถูกดูดออกไป ปริมาณความร้อนที่ต้องถูกดูดออกไปนี้เรียกว่า *ภาระของการทำความเย็น* การที่ต้องมีการคำนวณหาโหลดความเย็นก็เพราะว่าต้องการที่จะเลือกใช้ขนาดของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับขนาดของห้องหรือของอาคารที่ต้องการติดตั้งเครื่องปรับอากาศซึ่งมีส่วนทำให้มีการอนุรักษ์พลังงานได้ด้วย



รูปที่ 2.5 ส่วนประกอบของความร้อนที่เกิดขึ้นภายในห้อง

ส่วนประกอบของความร้อนที่กระจายไปยังห้องที่จะปรับอากาศมาจากหลายๆแหล่งซึ่งาสารมารถคำนวณหาค่าความร้อนไดดังนี้

2.3.1 ความร้อนเนื่องจากการนำ (Conduction Load)

เป็นความร้อนที่จะไหลจากภายนอก ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายในผ่านผนัง (Wall), หลังคา (Roof), หน้าต่าง (Window), และพื้น (Floor) ปริมาณความร้อนที่จะไหลเข้ามาภายในห้องแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

2.3.1.1 ความร้อนจากภายนอกโดยการนำ (Conduction through exterior structure)

เป็นการนำความร้อนจากโครงสร้างที่สัมผัสกับแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถหาค่าความร้อนได้จาก

$$Q = U \times A \times CLTDc \qquad (2.1)$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (BTU/hr)

U = แฟคเตอร์ของวัสดุที่ใช้ทำผนัง (BTU/hr-ft^2-F)

A = พื้นที่ของผนัง หลังคา กระจก (ft^2)

CLTDc = อุณหภูมิที่แตกต่างภาระความเย็นที่ปรับแก้ (F)

ซึ่งค่า CLTDc นั้นหาได้จาก

$$CLTDc = CLTD + LM + (78-t_R) + (t_a-85)$$

โดยที่ CLTD = อุณหภูมิแตกต่าง (F), ได้จากตารางที่ ง.2

LM = ละติจูดปรับแก้, ได้จากตารางที่ ง.4

t_R = อุณหภูมิห้อง (F)

t_a = อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก (F)

ซึ่ง t_a นั้นหาได้จาก

$$t_a = t_o - (DR/2)$$

โดยที่ t_o = อุณหภูมิภายนอก (F)

DR = daily temperature range (F)

2.3.1.2 ความร้อนโดยการนำจากภายใน (Conduction through interior structure)

เป็นการนำความร้อนจากโครงสร้างที่ไม่สัมผัสกับแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถหาค่าความร้อนได้จาก

$$Q = U \times A \times TD \qquad (2.2)$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (BTU/hr)

U = แฟคเตอร์ของวัสดุที่ใช้ทำผนัง (BTU/hr-ft^2-F)

A = พื้นที่ของผนัง หลังคา กระจก (ft^2)

TD = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างในห้องกับนอกห้อง

ซึ่งค่า TD นี้โดยทั่วไปจะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 5 F

2.3.2 ความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีผ่านกระจก (Solar Radiation Through Glass)

แสงแดดที่ส่องมาถูกผนังและกระจก มีผลทำให้ภาระความร้อนเพิ่มขึ้นภายในห้อง ซึ่งการคำนวณหาภาระความร้อนที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนของแสงแดดสามารถคำนวณได้จาก

$$Q = SHGF \times A \times SC \times CLF \qquad (2.3)$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (Btu/hr)

SHGF = ค่าการแผ่รังสีสูงสุดของแสงแดด (BTU/hr-ft^2), ได้จากตาราง ง.7

A = พื้นที่ของกระจก (ft^2)

SC = Shading coefficient, ได้จากตาราง ง.6

CLF = Cooling Load Factor สำหรับกระจก, ได้จากตาราง ง.10

2.3.3 ความร้อนเนื่องจากหลอดไฟ (Lighting)

เมื่อมีการเปิดไฟเพื่อให้แสงสว่างภายในห้อง ความร้อนจากหลอดไฟจะถ่ายเทให้กับห้องด้วย สามารถคำนวณหาค่าความร้อนนี้ได้จากสมการ

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (Btu/hr)

W = ปริมาณการใช้ไฟฟ้า (W)

BF = Ballast Factor

CLF = Cooling Load Factor สำหรับหลอดไฟ

ซึ่งค่า BF ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ 1.25

ของหลอดนีออน คือ 1

2.3.4 ความร้อนเนื่องจากบุคคล (People)

ภาระความร้อนเนื่องจากบุคคลที่อยู่ในห้องปรับอากาศมีอยู่ 2 ชนิด คือ ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ซึ่งออกมาในลักษณะของการระเหยจากเหงื่อและลมหายใจ ความร้อนที่ออกมาจากคนนั้นจะขึ้นอยู่กับกิจกรรมที่ทำอยู่ ซึ่งสามารถคำนวณได้จาก

$$Q_S = q_S \times n \times CLF \qquad (2.6)$$

$$Q_L = q_L \times n \qquad (2.7)$$

โดยที่ Q_S, Q_L = Sensible an Latent heat gains Load (BTU/hr)

q_S, q_L = Sensible an Latent heat gains ต่อคน, ได้จากตาราง ง.11

n = จำนวนคน

CLF = Cooling Load Factor สำหรับคน

2.3.5 ความร้อนเนื่องจากการระบายอากาศ (Ventilation)

อากาศที่แทรกซึมเข้ามาในห้องผ่านรอยแตกแยกของวงกบประตู หน้าต่าง จะมีทั้งความร้อนสัมผัสและความร้อนแฝง มีสมการที่ใช้คำนวณหาความร้อนดังนี้

$$Q_S = 1.1 \times CFM \times TC \qquad (2.8)$$

$$Q_L = 0.68 \times CFM \times (W'_o - W'_i) \qquad (2.9)$$

โดยที่ Q_S, Q_L = Sensible and Latent heat gains Load (BTU/hr)

CFM = อัตราการระบายอากาศ (ft^3/min), ได้จากตาราง ง.12

TC = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างการระบายอากาศ

W'_o, W'_i = อัตราส่วนความชื้นสัมผัสภายนอก,ภายใน (grw./lb d.a)

2.4 การคำนวณและวิเคราะห์ทางด้านการเงิน

ค่าไฟฟ้า = กำลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการทำงาน x อัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้า

ระยะเวลาคืนทุน = ราคาค่าลงทุนเริ่มต้น / ผลกำไรต่อปี

NPV (Net present value) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประหยัดที่จะได้รับแต่ละปีตลอดอายุของโครงการกับมูลค่าปัจจุบันของเงินทุนและค่าใช้จ่ายในแต่ละปี โดยโครงการประหยัดพลังงานที่มีมูลค่าเป็นลบ จะไม่คุ้มค่าต่อการลงทุนในคณะที่โครงการที่มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเป็นบวกยิ่งมาก ยิ่งคุ้มค่าต่อการลงทุน

$$NPV = -Io + A(((1+i)^n-1) / i(1+i)^n)$$

Io = ค่าใช้จ่ายเริ่มต้น

A = ค่าใช้จ่ายคงที่ต่อปี

i = อัตราค่าดอกเบี้ยต่อปี

n = จำนวนปี