บทที่ 2
หลักการและทฤษฎี

2.1 การปรับอากาศและระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ หรือ ระบบปรับภาวะอากาศ (Air-conditioning System) ในอดีตมองว่าเป็นระบบที่ฟุ่มเฟือยอาคารราชการทั่วไป จะมีเฉพาะห้องระดับผู้อำนวยการขึ้นไปเท่านั้นที่จะคิดเครื่องปรับอากาศ แต่สำนักงานในปัจจุบันเกือบทุกแห่ง จะติดตั้งเครื่องปรับอากาศเป็นส่วนใหญ่ โรงแรมก็มีความจำเป็นต้องใช้เครื่องปรับอากาศ เนื่องจากต้องใช้ต้อนรับชาวต่างประเทศ และมีอิทธิพลทำให้ร้านอาหาร , คลับต่าง ๆ มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ โรงพยาบาลต้องใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมกับการรักษาและป้องกันฝุ่น ศูนย์การค้า , โรงภาพยนตร์ ใช้เครื่องปรับอากาศเพื่อดึงดูดลูกค้าให้เข้ามาใช้บริการ แม้แต่บ้าน ,คอนโดมิเนียม ก็หันมาใช้เครื่องปรับอากาศกันมากเพราะปัจจุบัน ประชาชนมีการเป็นอยู่ที่หนาแน่นกว่าแต่ก่อน ลมธรรมชาติไม่สามารถให้ความสบายได้เพียงพอ แถมยังมีเรื่องเสียงและฝุ่นละอองอีก

ดังนั้นตลาดเครื่องปรับอากาศ จึงขยายตัวเร็วมาก และกลายเป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญสำคัญอาคารสมัยใหม่ไปแล้ว

2.2 หลักการทำงานของเครื่องปรับอากาศ

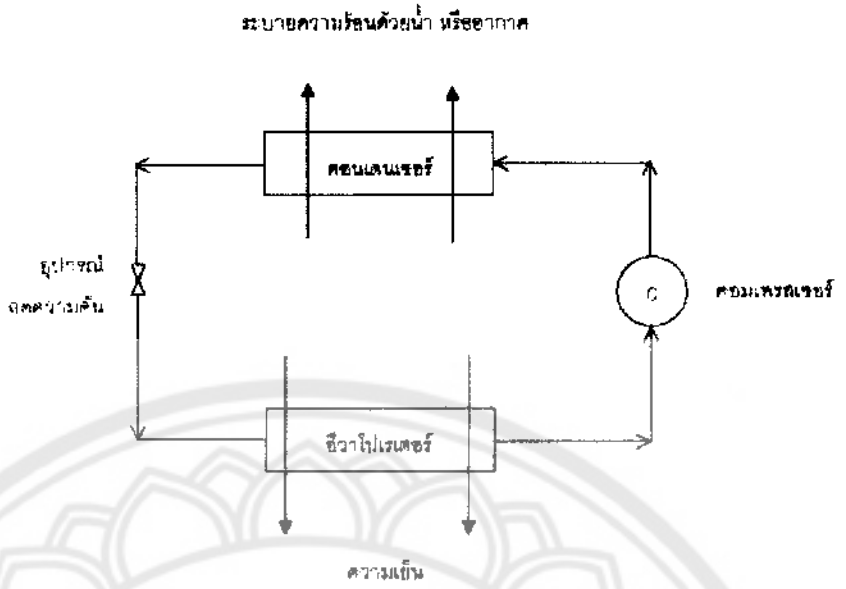
เครื่องปรับอากาศทุกชนิด มีหลักการทำงานเหมือน ๆ กัน คือใช้คุณสมบัติในการระเหยของของเหลว และความร้อนแฝงจากการระเหยนี้ เช่น น้ำ เมื่อระเหยกลายเป็นไอ ตัวเองก็จะเย็นลงเนื่องจากได้ใช้ความร้อนแฝงไปในการระเหย ความเย็นลักษณะนี้ ก็คือความเย็นที่เราสามารถนำมาใช้ในการปรับอากาศน้ำก็เป็นสารทำความเย็นโดยเรียกว่า R-718 แต่เนื่องจากน้ำมาคุณสมบัติในการระเหยช้าเกินไป ไม่สามารถนำมาใช้เป็นสารทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพได้โดนตรง (มีการนำน้ำมาใช้เป็นสารทำความเย็น ในเครื่องทำความเย็นที่เรียกว่า Absorption แต่ตั้งเพิ่มส่วนผสมของสารเคมี เช่น ลิเธียมโบลไมด์ การทำงานของเครื่องแบบ Absorption อาศัยความร้อนจากไอน้ำ หรือความร้อนที่เหลือจากขบวนการผลิตในอุตสาหกรรม)

รูปที่ 2.1 เครื่องทำน้ำเย็น

เนื่องจากสารทำความเย็นมาราคาแพง ประกอบกับการให้ระเหยทิ้งไปจะทำให้เกิดผลกับสภาพแวดล้อมเมื่อสารทำความเย็นระเหยและทำความเย็นแล้ว จึงต้องนำไปควบแน่นเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่

หลักการควบแน่นอาศัยการเพิ่มความดันให้กับไอระเหยหรืออัดไอ (Press) โดยใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมเพรสเซอร์ (Compressor) จนไอระเหยนั้นกลายเป็นของเหลวอีกครั้งหนึ่ง ในขณะที่อัดนี้ไอระเหยก็จะคายความร้อนออกมาด้วย เราก็ต้องมีวิธีการในการระบายความร้อนนี้ออกไป โดยอาจจะใช้อากาศ (Air-Cooled) หรือ น้ำ (Water-Cooled) ในการระบายความร้อนก็ได้

เมื่อสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวแล้ว การทำให้ของเหลวระเหยเพื่อทำความเย็นอีกครั้งจะอาศัยการลดความดันลง โดยผ่านอุปกรณ์ลดความดัน สำหรับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กมักจะใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า วาล์วลดความความดัน (Thermal Expansion Valve) หรือบางทีการใช้กดท่อทองแดงเล็ก ๆ (Capillary Tube) ที่ให้ค่าแรงเสียดทานที่พอเหมาะ ก็ใช้ในการปรับลดความดันนี้ได้ดี ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้นนี้สามารถแสดงด้วยวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) ได้ดังรูป 2.2



รูปที่ 2.2 วงจรทำความเย็น

คอนเดนเซอร์ : หรือบางทีเรียกว่าคอยล์ร้อน คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการให้สารทำความเย็นระบายความร้อน เป็นอุปกรณ์ที่สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว คอยล์ร้อนมีทั้งชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-cooled) และระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-cooled)

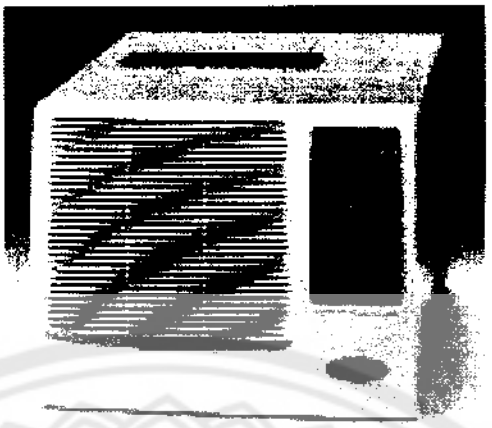
อีวาโปเรเตอร์ : คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความเย็น เป็นอุปกรณ์ที่สารทำความเย็นระเหย*อุปกรณ์ลดความดัน* : เช่น Thermal Expansion Valve หรือ Capillary Tube

คอมเพรสเซอร์ : เป็นเครื่องขับเคลื่อนสารทำความเย็น และอัดเพื่อให้เกิดความควบแน่น มีทั้งชนิดที่เป็นแบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor), แบบโรตารี่ (Rotary Compressor), หรือในเครื่องขนาดใหญ่อาจจะเป็นแบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor) หรือ แบบสกรู (Screw Compressor)

2.3 ประเภทเครื่องปรับอากาศ

2.3.1 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง

คือ เครื่องปรับอากาศที่มีอุปกรณ์หลักของวงจรทำความเย็นทุกอย่างครบชุดอยู่ในเครื่องเดียวกัน และออกแบบให้เหมาะสมกับการติดตั้งที่หน้าต่าง โดยด้านทำความเย็นจะโผล่เข้ามาในห้อง ส่วนด้านที่ระบายความร้อนจะโผล่ออกไปนอกห้อง เป็นเครื่องปรับอากาศรุ่นแรก ๆ ที่ทำมาขายในเชิงพาณิชย์เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำให้ Carrier เป็นที่รู้จักกันไปทั่วโลก เนื่องจากเป็นผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศชนิดนี้ รายแรกของโลก



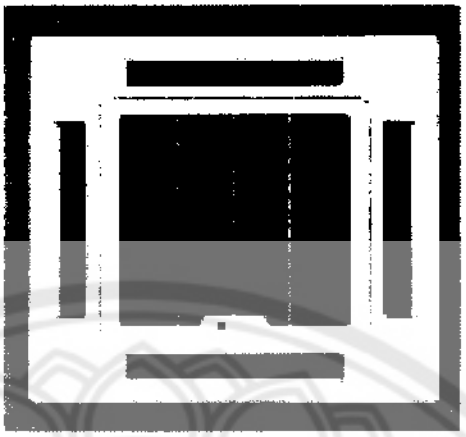
รูปที่ 2.3 เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง

เครื่องปรับอากาศแบบนี้ จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะเป็นเครื่องขนาดเล็กการติดตั้งง่าย เพราะเพียงแต่เตรียมช่องวงกบหน้าต่าง หรือผนังตามขนาดเครื่องปรับอากาศแล้วต่อเครื่องกับระบบไฟฟ้า และต่อท่อน้ำทิ้งจากเครื่องก็เรียบร้อย

เครื่องปรับอากาศแบบนี้ในปัจจุบัน จะไม่ค่อยนิยมมากนัก เนื่องจากเสียงที่ดัง ประกอบกับราคาก็ใกล้เคียงกันแบบแยกส่วน อาจจะยังมีใช้อยู่เฉพาะในกรณีที่ไม่สามารถหาที่ตั้ง Condensing Unit หรือ ในต่างประเทศที่ค่าแรงติดตั้งสูง เช่น อเมริกา ซึ่งนิยมใช้กันอยู่ในโรงแรมบริเวณชานเมือง (ประเภท Inn หรือ Motel) โดยออกแบบเครื่องให้ภายในห้องดูคล้ายแฟนคอยล์ยูนิท อย่างของ GE จะเรียกรุ่นนี้ว่า Zone Line สามารถทำความเย็นในหน้าร้อนเหมือนเครื่องปรับอากาศทั่วไป และทำความร้อนในหน้าหนาว โดยการสับเปลี่ยนหน้าที่ของคอนเดนเซอร์เป็นอีวาโปเรเตอร์ และอีวาโปเรเตอร์เป็นคอนเดนเซอร์ ด้วยการเปลี่ยนทิศทางของสารทำความเย็น เครื่องลักษณะนี้มีชื่อเรียกว่า Heat Pump

2.3.2 เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type)

เป็นเครื่องที่พัฒนามาจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างโดยแบ่งเป็นสองส่วน ส่วนที่อยู่นอกห้องเรียกว่า Outdoor Unit หรือ Condensing Unit ส่วนที่อยู่ภายในห้องเรียกว่า Indoor Unit หรือ Evaporator Unit หรือเชิงพาณิชย์อาจเรียกว่า แฟนคอยล์ยูนิท (Fan Coil Unit ,FCU) หรือ ถ้าตัวโต ๆ ที่มีลักษณะเป็นตู้ ก็มีคนเรียกว่า เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit, AHU)



รูปที่ 2.4 เครื่องปรับอากาศแบบ CASSETTE TYPE

เครื่องปรับอากาศเหล่านี้ จะอาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ เพราะมักจะเป็นเครื่องที่มีขนาดเล็กถึงขนาดกลาง (0.75-30 ตัน) ตำแหน่งที่วาง Condensing Unit จะต้องระบายอากาศได้ดี และหากติดตั้งในอาคารสูง จะต้องพิจารณาผลจากแรงลมที่จะมาปะทะอาคารด้วย โดยทั่วไป Condensing Unit ไม่ควรอยู่ห่างจาก FCU หรือ AHU เกิน 15 เมตร เนื่องจากจะส่งผลกับประสิทธิภาพของเครื่องและปัญหาระบบน้ำมันหล่อลื่นภายในระบบ ซึ่งจะมีผลกับการทำงานและอายุของคอมเพรสเซอร์ หากมีความจำเป็นที่จะต้องเดินท่อน้ำยาไกลกว่า จะต้องมั่นใจว่า มีความรู้ทางด้านเทคนิคการเดินท่อน้ำยาที่ถูกต้อง เช่น การขยายขนาดท่อน้ำยา และการทำ Oil Trap รวมทั้งการกำหนดความลาดเอียงของท่อ

รูปที่ 2.5 Condensing Unit แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

การพิจารณาที่ตั้ง Condensing Unit ควรจะทราบถึงลักษณะของเครื่องที่จะใช้ด้วย เพราะมีทั้งรุ่นที่เป่าลมร้อนด้านข้าง และรุ่นที่เป่าลมร้อนขึ้นด้านบน รวมทั้งลักษณะการนำลมเข้ามาระบายความร้อนของเครื่องว่าเข้าลักษณะใด เพื่อให้เครื่องระบายความร้อนได้ดี นอกจากนี้จะต้องพิจารณาไม่ให้ลมร้อนที่เป่าออกมาจากเครื่องย้อนกลับมาที่เครื่องอีก เพราะจะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลงอย่างมาก

รูปที่ 2.6 Condensing Unit แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

เครื่องปรับอากาศแยกส่วนนี้ มีรุ่นที่ใช้ระบายความร้อนด้วยน้ำเหมือนกัน แต่มักจะใช้เป็นเครื่องเสริม เมื่อต้องใช้นอกเวลาทำการปกติ ในอาคารที่มีหอระบายความร้อนอยู่แล้ว โดยอาจแขวน Water Cooled Condensing Unit ไว้ในห้องเครื่อง หรือห้องเก็บของ แล้วต่อท่อน้ำยาไปยัง FCU ที่สามารถจะติดตั้งไว้ภายในห้องที่ต้องการได้ เช่น ห้องผู้บริหาร , ห้องประชุม การระบายความร้อนของ Condensing Unit ก็ใช้วิธีต่อท่อระบายความร้อนจากระบบความร้อนจากระบบของหอระบายความร้อน โดยผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศญี่ปุ่นเป็นผู้คิดในการออกแบบให้เครื่องมีขนาดกะทัดรัด สวยงาม และประหยัดไฟ ซึ่งก็อาจจะมีผลมาจากความคับแคบของสถานที่ในประเทศญี่ปุ่นเอง ความเป็นระเบียบของคนญี่ปุ่นและกฎหมายควบคุมความดังของเสียงของเครื่องปรับอากาศ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่แพง และความล้ำหน้าทางด้านอุปกณ์อิเลคทรอนิกส์ในประเทศญี่ปุ่น รวมทั้งค่าแรงในการบริการที่แพง ทำให้มีการออกแบบเครื่องปรับอากาศให้ชาวบ้านธรรมดา สามารถติดตั้งและซ่อมบำรุงเครื่องปรับอากาศได้ด้วยตนเอง แผงกรองอากาศสามารถถอดทำความสะอาดได้ง่ายกว่าเครื่องปรับอากาศในอดีตเป็นอย่างมาก

การควบคุมอุณหภูมิ โดยทั่วไปอาศัยอุปกรณ์วัดอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) เพื่อควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ ให้หยุดหรือเดินตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้ เทอร์โมสตัทรุ่นหลัง ๆ นี้ที่มีคุณภาพจะเป็นแบบอิเลคทรอนิกส์ ซึ่งมีความแม่นยำสูงกว่าเดิม ทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และช่วยในการประหยัดไฟฟ้า

อุปกรณ์นี้เราจะพบว่ามีทั้งรุ่นที่เป็นรีโมท (Remote) แบบมีสาย หรือไร้สาย สามารถตั้งเวลาได้ มี Mode การทำงานมากขึ้น เช่น Econo Mode เพื่อประหยัดพลังงาน และ Sleep Mode เพื่อให้อุณหภูมิสูงขึ้นหลังจากที่เราหลับแล้ว ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจต่ำลง และจะรู้สึกหนาวหากคงอุณหภูมิไว้เช่นดังก่อนที่จะหลับ นอกจากนี้ยังมีรุ่นที่ใช้ Fuzzy Logic Control ที่จะให้ระบบการควบคุมสั่งการทำงานของเครื่องปรับอากาศมีความคิดใกล้เคียงกับสมองของคนมากขึ้น เครื่องรุ่นใหม่ บ้างรุ่นยังมีเครื่องฟอกอากาศ (Air Cleaner) ติดตั้งมาภายในเครื่อง FCU เนื่องจากมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับคุณภาพอากาศภายในอาคารกันมากขึ้น

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ยังเน้นที่การใช้ที่ตั้ง Condensing Unit น้อยลง โดยออกแบบให้เครื่อง Condensing Unit เครื่องเดียวสามารถที่จะใช้กับ Fan Coil ได้หลาย ๆ ชุด เครื่องปรับอากาศแบบนี้ในสมัยแรกกับเหมือนกับการเอา Condensing Unit หลาย ๆ ชุดมารวมกันไว้ในชุดเดียว แต่ในรุ่นใหม่จะใช้คอมเพรสเซอร์ที่ปรับรอบได้ ประกอบกับถังสำรองสารทำความเย็น และน้ำมันหล่อลื่น และใช้วาล์วอิเลคทรอนิกส์ในการควบคุมการจ่ายสารทำความเย็นไปยัง Fan Coil Unit จุดเด่นของเครื่องรุ่นใหม่ก็คือ Fan Coil Unit แต่ละตัวสามารถเปิดปิดได้โดยอิสระและสามารถมีขนาดที่แตกต่างกันได้

สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีขนาดใหญ่ (3-30 ตัน) อาจจะส่งลมเย็น โดยอาศัยระบบท่อลม ซึ่งจะช่วยให้ได้การกระจายลมเย็นที่ดีและเหมาะกับสำนักงาน , ห้องอาหาร , ห้องพักผ่อน การกระจายลมที่ดีจะทำให้ได้อุณหภูมิเฉลี่ยสม่ำเสมอและลดปัญหาการไม่สบายเนื่องจากการแตกต่างของอุณหภูมิ การเป็นโรคภูมแพ้และโอกาสเป็นหวัดได้บ้างคน ลักษณะการติดตั้งโดยทั่วไปจะให้ Condensing Unit อยู่ภายนอกอาคารและให้เครื่องส่งลมเย็น (Air Handling Unit - AHU) อยู่ภายในอาคาร โดยจัดให้มีห้องเครื่อง AHU และ นำ AHU มาตั้งภายในห้องนี้ หากใช้ระบบท่อลมในการส่งลมเย็น ก็จะต่อท่อลมมาเข้ากับเครื่อง

ท่อลมออกจากเครื่อง หรือท่อลมส่ง เรียกว่า Supply air duct

ท่อลมที่นำลมภายในห้องกลับมาที่เครื่อง หรือท่อลมกลับ เรียกว่า Return air duct สาเหตุที่ควรจะติดตั้ง AHU ภายในห้องเครื่องก็เพื่อให้เกิดความเรียบร้อย ลดความดังของเสียง และง่ายต่อการบำรุงรักษา

รูปที่ 2.7 เครื่องส่งลมเย็น

การนำเครื่อง AHU มาตั้งไว้ภายในห้องปรับอากาศโดยตรง (เป็นเครื่องที่ตั้งไว้ โดยมองเห็นตัวเครื่อง และเป่าลมเย็นจากเครื่องโดยตรง) หากเป็นเครื่องขนาดใหญ่ อาจจะดูเทอะทะไม่สวยงาม (ความสวยงามขึ้นกับบริษัทผู้ผลิต) และการกระจายลมไม่ดี เนื่องจากเครื่องจะเป่าลมจำนวนมากออกมาเป็นลำของอากาศเย็น หากลมตกลงตรงไหน ก็จะเย็นมากเฉพาะตรงนั้น จึงไม่เหมาะกับสำนักงาน เพราะหากนั่งโดนลมเย็นนานๆ อาจจะไม่สบายได้ การติดตั้งในลักษณะนี้อาจจะใช้ได้เฉพาะบริเวณโถง,ทางเดิน ซึ่งคนมีการเคลื่อนไหวอยู่ตลอดเวลา หรือการนำ AHU หรือ FCU แขวนซ่อนใต้ฝ้าเพดาน ก็จะทำให้ซ่อมบำรุงลำบาก เนื่องจากพื้นที่ในฝ้าเพดานมักจะคับแคบ และมักมีโครงเคร่าฝ้า,สายไฟเกะกะ หรือช่องเปิดไม่สะดวกแถมยังต้องใช้บันไดปีนขึ้นไปเวลาที่จะบริการเครื่อง ในที่สุดความไม่สะดวกต่างๆ จะทำให้เครื่องขาดการเอาใจใส่ สกปรก และเครื่องจะชำรุดทรุดโทรมเร็วกว่าที่ควร แถมฝ้าในบริเวณนี้ก็จะพลอยสกปรก ทรุดโทรมไปด้วย และเนื่องจากที่เครื่องจะมี "น้ำทิ้ง" ที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นในอากาศออกมาด้วย หากท่อน้ำทิ้งหรือถาดสกปรก ก็อาจจะทำให้น้ำล้นและหยดลงมาที่ฝ้าเพดานได้ ทำให้เสียหายได้ ยิ่งในกรณีที่เอาเครื่องไปแขวนไว้ที่ใต้เพดาน หรือ หลังคาที่ร้อน จะยิ่งมีปัญหามาก เพราะเครื่องปรับอากาศมีความเย็น เมื่อโดนอากาศร้อนชื้นในหลังคา อาจจะทำให้น้ำจับตัวเครื่องและหยดลงมาได้ นอกจากนี้จะทำให้ความเย็นลดลง เนื่องจากความร้อนในหลังคาด้วย ในกรณีที่ต้องการจะแขวนเครื่องที่ชั้นบนสุดของอาคาร ควรจะใช้วิธีทำฝ้าเพดานก่อนชั้นหนึ่ง แล้วจึงเอาเครื่องแขวนไว้ใต้เพดานนั้น (เปรียบเสมือนกับการแขวนเครื่องไว้ภายในห้องนั่นเอง) แล้วจึงตีกล่องหรือตีฝ้าเพดานปิด เพื่อความสวยงามอีกชั้นหนึ่ง และที่สำคัญจะต้องออกแบบช่องเปิดบริการให้มีขนาดใหญ่เพียงพอ และสามารถเปิดได้โดยสะดวก ไม่หนักจนเกินไป ตัวแผ่นเปิดควรทำจากวัสดุที่ทนความชื้น และน้ำ และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย และมีสีไม่ หรือสีคล้ำ เพื่อบดบังรอยนิ้วมือของช่าง และรอยสกปรกต่างๆ

2.3.3 เครื่องปรับอากาศแบบสำเร็จครบชุดในตัว (Packaged Unit)

เครื่องแบบนี้มีโครงสร้างเหมือนกับ เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง แต่มีขนาดใหญ่กว่า มีทั้งชนิดที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ (Packaged Air-conditioner) และชนิดที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (Packaged Water-cooled Air-conditioner) การใช้น้ำในการระบายความร้อนมักจะทำให้เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และมีการระบายความร้อนที่ดีกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ

2.3.3.1 Packaged Air-cooled Air-conditioner

ลักษณะเหมือนเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างแต่มีขนาดใหญ่กว่า (โดยทั่วไปทำความเย็นที่ 3-30 ตัน) การส่งเสริมลมเย็นมักจะใช้ระบบท่อลม ในบ้านเรานิยมใช้กับอาคารประเภทสำนักงานคอนโดมิเนียม เนื่องจากติดตั้งง่าย การใช้งานเป็นเอกเทศ และผู้ลงทุนสร้างคอนโดมิเนียมประเภทสำนักงานนี้มักจะไม่ต้องการรับภาระการลงทุนในส่วนนี้ รวมทั้งเรื่องการบำรุงรักษาภายหลังด้วย โดยผลักภาระทั้งหมดไปให้กับผู้ซื้อพื้นที่

อย่างไรก็ตาม การใช้เครื่องปรับอากาศ ประเภทที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะใช้กำลังไฟฟ้าประมาณ 1.4 – 1.7 กิโลวัตต์/ตัน (ตัน ในที่นี้ ตันความเย็น และ 1 ตันความเย็นเท่ากับ 12,000 บีทียู/ชั่วโมง) ซึ่งนับว่าสูงมาก และสูงกว่าเครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ 20-30 เปอร์เซ็นต์เลยทีเดียว อาคารขนาดใหญ่หากใช้เครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะมีผลทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ามีขนาดใหญ่ ระบบจ่ายไฟฟ้าจะมีราคาแพงมากขึ้น และค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องปรับอากาศจะสูงมาก แต่ภาระค่าไฟฟ้านี้ เจ้าของอาคารถือว่าผู้ใช้อาคารเป็นผู้จ่ายเองตามบิลค่าไฟฟ้าประจำเดือน จึงมักไม่สนใจ ซึ่งว่าไปแล้วก็ออกจะเป็นแก่ตัวไปสักหน่อย และมีผลเสียกับสังคมโดยรวม เพราะเครื่องปรับอากาศใช้กำลังไฟฟ้าถึงประมาณครึ่งหนึ่งของการใช้ไฟฟ้าของอาคารแต่ละหลัง หากทุกคนไม่รับผิดชอบเช่นนี้ ก็จะมีผลกับการใช้พลังงานของประเทศ ทำให้รัฐไม่สามารถขยายโรงไฟฟ้าได้ทันการพัฒนาประเทศ ซึ่งเป็นปัญหาที่วิกฤติของประเทศในขณะนี้ ความจริงหากจะสร้างให้เครื่องปรับอากาศชนิดนี้กินฟ้าน้อยลง ก็สามารถทำได้ เช่น การขยายคอนเดนเซอร์ให้ใหญ่ขึ้น เพื่อที่จะได้ระบายความร้อนได้ดีขึ้น การใช้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง (High Efficiency Compressor) การใช้ระบบควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ก็อาจจะทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลงประมาณ 1.2-1.3 กิโลวัตต์/ตัน ได้ แต่ตัวเครื่องจะมีราคาแพงขึ้นบ้าง ปัญหาอยู่ที่ในอดีตเราไม่ได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับตัวเลข กิโลวัตต์/ตัน เท่าใดนัก ชาวบ้านทั่วไปเวลาซื้อเครื่องปรับอากาศสนใจที่ บาท/ตัน มากกว่า ผู้จำหน่ายจึงขายโดยสู้กันที่ราคามากกว่าคุณภาพ ทำให้เครื่องที่มีจำหน่ายในท้องตลาดมักจะเป็นเครื่องที่ใช้กำลังไฟฟ้ามาก หากจะขยายคอนเดนเซอร์ ฯลฯ จะต้องสั่งพิเศษ และมีจำนวนมากพอจึงจะผลิตให้

รูปที่ 2.8 Packaged Air-Cooled Air-conditioner

(กฎหมายอนุรักษ์พลังงานที่ประกาศใช้ในปี 2538 บังคับให้เครื่องปรับอากาศที่ระบายความร้อนด้วยอากาศ จะต้องกินไฟไม่เกิน 1.4 กิโลวัตต์/ตัน ซึ่งจะช่วยให้การใช้ไฟฟ้าสำหรับเครื่องปรับอากาศน้อยลงกว่าในอดีต)

การใช้เครื่องปรับอากาศ Packaged Air-Cooled Air-conditioner ยังต้องพิจารณาตำแหน่งที่ตั้งให้เหมาะสมมีการระบายความร้อนที่ดี และจะต้องพิจารณาแรงลมที่มีปะทะในกรณีของอาคารสูง ถ้าให้ดีควรติดตั้งแผงเกล็ดระบายความร้อน สำหรับทางลมเข้า และทางลมออกตั้งฉากกัน คือให้ทางลมเข้าทางหนึ่งทำมุม 90 องศา กับทางระบายลมร้อนที่ออกในทิศที่ตั้งฉากกัน (หรือถ้าเข้าออกในทิศทางตรงกันข้ามกับทางลมเข้าก็ยิ่งดี) และให้เกล็ดระบายลมร้อน มีลักษณะที่ช่วยให้ลมร้อนเป่าออกไปห่างเครื่องให้ได้ไกล ๆ เช่น การใช้เกล็ดที่มีใบที่สามารถคัดทิศทางลมให้วิ่งไปในแนวราบแทนที่จะเป่าเป็นมุมเอียง เพื่อป้องกันไม่ให้ลมร้อนย้อนกลับเข้ามาที่คอนเดนเซอร์ อันจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง อากาศที่ใช้ในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ที่เพิ่มขึ้นหรือลดลง 1 องศา อาจจะทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ เพิ่มขึ้นหรือลดลงประมาณ 10 เปอร์เซ็นต์

การติดตั้งควรจะนำเครื่องไว้ในห้องเครื่อง และมีการคำนึงถึงเรื่องการป้องกันเสียง เพราะเครื่องชนิดนี้มีคอมเพรสเซอร์อยู่ในตัว จึงมีเสียงดังกล่าวว่าเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ที่แยกคอมเพรสเซอร์ออกไป

นอกจากนี้ ห้องเครื่องยังช่วยป้องกันไม่ให้ฝนเข้ามาในอาคารด้วย ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะอาคารสูง

การควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ อาศัยอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิที่เรียกว่า เทอร์โมสตัท (Thermostat) ซึ่งจะมีความแม่นยำโดยเกิดความผิดพลาดไม่เกิน 1 องศา โดยการวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศ และไปสั่งการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้หยุดหรือเดิน ในกรณีของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ คอมเพรสเซอร์อาจจะมีหลายตัว หรือในแต่ละตัวอาจมีอุปกรณ์ที่เรียกว่า Unloaded ที่ลดกำลังของตัวเองลงได้เป็นขั้น ๆ ดังนั้นเทอร์โมสตัท จึงอาจจะเป็นแบบที่สั่งการทำงาน

2.3.3.2 Packaged Water-cooled Air-conditioner

ลักษณะโดยทั่วไปก็เหมือน Packaged Air-cooled Air-conditioner แต่ใช้การระบายความร้อนด้วยน้ำ เพื่อลดการกินไฟ (ระบบโดยทั่วไปจะกินไฟทั้งระบบประมาณ 1.2 กิโลวัตต์/ตัน) และใช้กรณีที่ไม่สามารถจัดหาสถานที่ตั้งเครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศได้

หากเทียบความคล่องตัวในการใช้งาน ก็สามารถกล่าวได้ว่า เครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่องสามารถ เปิด-ปิด ได้โดยอิสระเช่นกัน แต่จะมีภาระมากกว่าเครื่องแบบ Air-cooled ตรงที่ต้องมีการดูแลการเปิดปิดหอระบายความร้อนด้วย ซึ่งถือเป็นภาระส่วนกลาง และต้องมีวิธีการเรียกเก็บค่าบริการนี้จากผู้เช่า ทั้งค่าบริการปกติ และเมื่อใช้งานนอกเวลาทำการปกติ อย่างไรก็ตาม ค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ก็ถือว่าไม่มากนัก เพราะค่าไฟฟ้าในการเดินเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน และหอระบายความร้อนไม่สูงมากนัก แต่ในการคิดค่าใช้จ่ายต้องไม่ลืมที่จะคิดค่าน้ำ และค่าพนักงานที่ต้องคอยดูแลด้วย

รูปที่ 2.9 ภายในเครื่อง Packaged Water-Cooled Air-conditioner

เนื่องจากน้ำก็มีราคาแพงเกินกว่าที่จะทิ้งไปเฉยๆได้ (โดยทั่วไป ลูกบาศก์เมตรละประมาณ 10 บาท และในพื้นที่ห่างไกลอาจจะแพงกว่านี้) จึงต้องมีระบบที่จะนำน้ำนี้ไปทำให้เย็นลง แล้วนำกลับมาใช้ใหม่อุปกรณ์ที่ใช้ทำให้น้ำระบายความร้อนนี้เย็นลง เรียกว่า หอระบายความร้อน (Cooling Tower) และน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนนี้ เรียกว่า Condenser Water

หลักการทำงานของหอระบายความร้อน อาศัยหลักการระเหยของน้ำที่จะทำให้น้ำเย็นลง โดยการนำน้ำที่ร้อนหลักจากผ่านคอนเดนเซอร์ ซึ่งจะมีอุณหภูมิประมาณ 38 องศาเซลเซียส มาฉีดเพื่อให้สวนทางกับลมที่เกิดจากแรงดูดของพัดลมของหอระบายความร้อน ขั้นตอนนี้ จะทำให้น้ำระเหย และคายความร้อนให้กับลม เมื่อตกลงมาที่อ่างรับน้ำ ก็จะมีอุณหภูมิลดเหลือประมาณ 32 องศาเซลเซียส สามารถนำกลับไปใช้ในการระบายความร้อนที่คอนเดนเซอร์ได้ใหม่ น้ำบางส่วน (ประมาณ 2 - 3 เปอร์เซ็นต์) ของปริมาณน้ำหมุนเวียนทั้งหมดจะสูญเสียไป เนื่องจากการระเหยบ้าง โดยพัดลมเป่าไปบ้าง จึงต้องมีการเติมน้ำเข้ามาชดเชย ซึ่งเพียงแค่ชดเชย ซึ่งเพียงแค่ชดเชยเท่านี้ ก็มักจะประมาณเท่ากับการใช้น้ำในอาคารสำหรับส่วนห้องน้ำของอาคารทั้งหมด แล้วอาจจะพูดได้ว่าเมฆในกรุงเทพฯส่วนหนึ่งเกิดจากการระเหยน้ำของหอระบายความร้อน ซึ่งในกรุงเทพฯจะมีการระเหยน้ำจากอุปกรณ์นี้เป็นแสนลูกบาศก์เมตรเลยทีเดียวการระบายความร้อนด้วยน้ำ มีประสิทธิภาพสูงกว่าการระบายความร้อนด้วยอากาศ เนื่องจากอุณหภูมิของน้ำที่ต่ำกว่าอากาศ และการถ่ายเทความร้อนผ่านน้ำจะมีประสิทธิภาพดีกว่าการถ่ายเทผ่านอากาศ

อย่างไรก็ตาม การใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ทำให้ต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water System) เพิ่มขึ้นอีก 1 ระบบ ต้องใช้น้ำมากขึ้น และยังต้องการดูแลระบบน้ำนี้เพิ่มขึ้น เพราะน้ำจะแห้งไม่ได้ ต้องเติมน้ำหอระบายความร้อน ต้องเติมสารเคมี เพื่อป้องกันการเกิดตะกรัน และตะไคร่น้ำ และต้องรักษาทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ และหอระบายความร้อนด้วย นอกจากนี้ ขนาดถังน้ำสำรองใต้ดินก็จะมีขนาดใหญ่ขึ้นอีกเท่าตัว เพื่อสำรองน้ำใช้ในการเติมหอระบายความร้อน

สถานที่ตั้งหอระบายความร้อนก็มีความสำคัญ เพราะละอองน้ำจากหอระบายความร้อนทำให้เกิดความชื้น หากมากระทบกับอาคารก็จะมีละอองคราบน้ำที่ยากต่อการทำความสะอาด และ ถ้าย้อนกลับมาเข้าทางช่องอากาศบริสุทธิ์ ก็จะทำให้ภายในอาคารมีความชื้นสูง อาจมีเชื้อรา และยังอาจจะได้รับแบคทีเรียที่เรียกว่า Legion Ella ซึ่งมีผลทำให้เกิดโรคในระบบทางเดินหายใจได้

หอระบายความร้อน มักจะมีขนาดใหญ่ และต้องการการระบายอากาศที่ดี จึงจะทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้น ในการออกแบบสถาปัตยกรรม จึงจะต้องพิจารณาตำแหน่งของหอระบายความร้อนตั้งแต่เริ่มแรก จึงจะสามารถทำให้เกิดความกลมกลืนกับอาคาร และไม่น่าเกลียดเมื่อมองจากภายนอกอาคาร

หากติดตั้งไว้ใกล้กับพื้นที่ที่ไม่ต้องการเสียงรบกวน หรือการสั่นสะเทือนรบกวน เช่น ห้องประชุม สำนักงานผู้บริหาร อพาร์ทเมนต์ ห้องออกอากาศ ฯลฯ จะต้องพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ลดความสั่นสะเทือน และจะต้องกำหนดให้ผู้ผลิตหอระบายความร้อน เลือกใช้พัดลมที่มีระดับเสียงต่ำ การลดการสั่นสะเทือนจากหอระบายความร้อน เป็นเรื่องยากเหมือนกัน เพราะพัดลมอันเป็นต้นกำเนิดของการสั่นสะเทือนมักจะเดินที่รอบต่ำ (ประมาณ 600 รอบ/นาที) จึงกำจัดการสั่นสะเทือนยากกว่าอุปกรณ์อื่นเช่น เครื่องสูบน้ำ ซึ่งจะเดินที่รอบสูงกว่า (ประมาณ 1,450 รอบ/นาที หรือ 2,900 รอบ/นาที) หากใช้สปริงที่มีการยุบตัวมาก ทำให้ยากต่อการควบคุมการแกว่งของใบพัดลม ที่อาจจะไปตีกับตัวถังได้ การติดตั้งสปริงมักติดตั้งที่ชุดตัวพัดลมเลย จะไม่นำสปริงไปรองรับหอระบายความร้อนทั้งตัว เนื่องจากมีน้ำหนักมาก และยุ่งยาก

ส่วนการลดเสียงจะใช้วิธีเลือกพัดลมที่มีระดับเสียงต่ำ หากระดับเสียงยังสูงเกินไปอีก (โดยทั่วไปไม่ควรจะเกิน 60 เดซิเบล-เอ) อาจจะต้องติดตั้งกล่องเก็บเสียงเพิ่มเข้าไป

เครื่องปรับอากาศแบบนี้ มักจะอาศัยการส่งลมโดยใช้ระบบท่อลมเช่นกัน เนื่องจากต้องการให้ได้การกระจายลมที่ดี และป้องกันเสียงจากคอมเพรสเซอร์ที่มีอยู่ในเครื่องที่มีเสียงดัง การส่งลมโดยทั่วไปจะเป็นแบบปริมาณลมคงที่ (Constant Air Volume, CAV) เนื่องจากอีวาโปเรเตอร์เป็นแบบ Direct Expansion, DX เหมือนเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง หรือแบบแยกส่วน ซึ่งหากลมหมุนเวียนผ่านคอยล์เย็นต่ำเกินไป จะเกิดอาการหิมะจับที่คอยล์ (Freezing) ได้ ดังนั้นปริมาณลมหมุนเวียนของเครื่องปรับอากาศ โดยทั่วไปจึงเป็นแบบคงที่ แต่เครื่องรุ่นใหม่ ได้มีการพัฒนานำระบบการควบคุม โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ ในการควบคุมระบบน้ำยา และคอมเพรสเซอร์ ทำให้สามารถจะใช้กับระบบการส่งลมแบบแปรเปลี่ยน (Variable Air Volume, VAV) ได้ด้วย แต่ราคาแพงขึ้น และยังมีผลิตอยู่เพียงไม่กี่ยี่ห้อ

2.3.4 ระบบปรับอากาศที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller)

เนื่องจากเครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง, แบบแยกส่วน และแบบ Packaged Unit ต่างก็มีข้อดี ข้อเสีย และมีข้อจำกัดในการติดตั้งอยู่ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เรื่องระยะห่างระหว่าง Condensing Unit กับ FCU ซึ่งห่างไม่ได้มากนักในกรณีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน, ส่วนเครื่องแบบหน้าต่าง ก็ดูไม่สวยงาม และเสียงดัง, เครื่องแบบ Packaged Unit ก็ยังมีเสียงดัง และการควบคุมอุณหภูมิก็ยังไม่แน่นอน เนื่องจากการควบคุมอุณหภูมิอาศัยการตัด-ต่อของคอมเพรสเซอร์ ดังนั้นจึงได้มีการนำเครื่องทำน้ำเย็น เมื่อทำน้ำเย็นก่อนแล้ว จึงใช้น้ำเย็นนี้เป็นตัวกลางในการส่งผ่านความเย็นต่อไปให้กับ FCU หรือ AHU อีกทอดหนึ่ง

โครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็น ก็เหมือนกับเครื่องปรับอากาศทุกชนิด คือ มีวงจรการทำความเย็น (Refrigeration Cycle) เหมือนเดิม เพียงแต่แทนที่อีวาโปเรเตอร์จะทำความเย็นให้อากาศโดยตรง ก็กลับไปทำความเย็นให้กับน้ำก่อน เมื่อน้ำเย็นแล้ว จึงใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นต่อไป

สาเหตุที่ต้องใช้น้ำเป็นตัวกลางถ่ายทอดความเย็นนี้ เนื่องจากน้ำสามารถสูบจ่ายไปได้ไกลๆ โดยไม่มีปัญหา จะรั่วบ้างก็ไม่เป็นไร และการควบคุมปริมาณน้ำก็ทำได้ง่าย ซึ่งก็จะมีผลทำให้การควบคุมอุณหภูมิทำได้ง่ายและแม่นยำขึ้น การที่ไม่มีคอมเพรสเซอร์อยู่กับ FCU หรือ AHU เหมือนกับเครื่อง Packaged Unit ก็ทำให้ไม่มีปัญหาเสียงดังรบกวนจากคอมเพรสเซอร์

2.3.4.1 Air Cooled Water Chiller

คือเครื่องทำน้ำเย็นที่อาศัยการระบายความร้อนด้วยอากาศ ลักษณะของงานที่ใช้เครื่องทำน้ำเย็นแบบนี้ จะเป็นลักษณะของงานที่มีความต้องการความเย็นไม่มากนัก (มักจะไม่เกิน 500 ตันความเย็น) ซึ่งต้องการความสะดวกในการติดตั้ง และต้องการลดภาระการดูแลรักษา หรือจะใช้ในโครงการที่ขาดน้ำ หรือไม่มีน้ำที่มีคุณภาพพอจะมาใช้ระบายความร้อนของเครื่องได้ อย่างไรก็ตาม เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยอากาศก็ย่อมที่จะกินไฟมากกว่า เครื่องที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ (โดยทั่วไปเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศกินไฟประมาณ 1.4 - 1.6 กิโลวัตต์/ตัน)

รูปที่ 2.10 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

น้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น จะถูกเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) จ่ายเข้าสู่ระบบไปยัง FCU และ AHU โดยอุณหภูมิน้ำเย็นนี้จะอยู่ที่ประมาณ 7 องศาเซลเซียส เมื่อใช้งานผ่าน FCU หรือ AHU แล้ว จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเป็นประมาณ 12 องศาเซลเซียส ก็จะถูกส่งกลับมายังเครื่องทำน้ำเย็นอีกครั้งหนึ่งระบบส่งน้ำเย็นนี้อาศัยท่อน้ำเย็น (Chilled Water Pipe) มีทั้งท่อส่งน้ำเย็น (Supply Chilled Water Pipe) และท่อน้ำเย็นกลับ (Return Chilled Water Pipe) ซึ่งจะต้องหุ้มฉนวน เพื่อป้องกันน้ำเกาะท่อ (Condensation) เนื่องจากความเย็นของท่อ จะทำให้ความชื้นที่อยู่ในอากาศมาเกาะเป็นหยดน้ำที่ท่อคอมเพรสเซอร์ที่ใช้มักจะเป็นคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ หากมีขนาดใหญ่หน่อยก็อาจจะมีชนิดที่เป็นสกรู ส่วนชนิดที่เป็นหอยโข่ง จะมีใช้เฉพาะเครื่องขนาดใหญ่จริงๆ เท่านั้นที่ออกแบบมาใช้แถบตะวันออก ซึ่งเรามักจะไม่เห็นนำมาใช้ในประเทศไทย

2.3.4.2 Water Cooled Water Chiller

ในกรณีที่โครงการมีขนาดใหญ่ และมีความต้องการความเย็นมาก มักจะนิยมใช้เครื่องทำน้ำเย็นชนิดนี้ เพราะจะมีเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพสูงให้เลือกใช้ (0.62 - 0.75 กิโลวัตต์/ตัน) ทำให้ได้ระบบปรับอากาศที่กินไฟน้อยกว่าเครื่องแบบอื่นๆ อย่างไรก็ตามการเลือกใช้ระบบนี้จะต้องมีหอระบายความร้อน ซึ่งจะต้องมั่นใจว่ามีปริมาณน้ำเพียงพอและมีคุณภาพเหมาะสมกับการนำมาเติมที่หอระบายความร้อน

ลักษณะโครงสร้างของเครื่องทำน้ำเย็นก็ยังคงเหมือนกับเครื่องแบบ Air-cooled เพียงแต่แทนที่จะระบายความร้อนด้วยอากาศ ก็กลายเป็นการระบายความร้อนด้วยน้ำเท่านั้นเอง

ระบบท่อน้ำระบายความร้อน หรือที่เรียกว่า Condenser Water จะประกอบด้วยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) ทำหน้าที่สูบน้ำเพื่อมาระบายความร้อนให้กับคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น คอมเพรสเซอร์จะมีทั้งชนิดลูกสูบ, สกรู และแบบหอยโข่ง

รูปที่ 2.11 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

รูปที่ 2.12 เครื่องสูบน้ำระบายความร้อน

ตาราง 2.1 สรุปลักษณะการใช้งานของเครื่องปรับอากาศแบบต่าง ๆ

ลักษณะของเครื่องปรับอากาศ	ขนาด (ตันความเย็น)	ประมาณการกินไฟโดยทั่วไป (กิโลวัตต์/ตัน)	ลักษณะการใช้งาน
เครื่องแบบหน้าต่าง (Window Type)	0.5 - 3	1.3 - 1.5	- บ้านพักอาศัย - สำนักงาน
เครื่องแบบแยกส่วน (Split Type)	0.75 - 3.0	1.3 - 1.5	- บ้านพักอาศัย - สำนักงาน
Packaged Air-cooled Air-conditioner	3 - 30	1.3 - 1.5	- คอนโดมิเนียมสำนักงาน
Packaged Water-cooled Air-conditioner	1 - 50	1.2	- สำนักงาน - คอนโดมิเนียมสำนักงาน
Air-cooled Water Chiller	3 - 10	1.4 - 1.6	- บ้านพักอาศัย - ศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก
	10 - 500	1.4 - 1.6 (ประมาณการกินไฟทั้งระบบ)	- ศูนย์คอมพิวเตอร์ - โรงแรมขนาดกลาง - ห้องส่งสถานีโทรทัศน์ - โรงพยาบาลขนาดกลาง
Water-cooled Water Chiller	500 - 10,000 หรือมากกว่านี้	0.8 - 1.0 (ประมาณการกินไฟทั้งระบบ)	- โรงแรม - โรงพยาบาล - ศูนย์การค้าขนาดใหญ่ - สำนักงานขนาดใหญ่ - ศูนย์คอมพิวเตอร์ขนาดใหญ่

2.4 โครงสร้างของระบบปรับอากาศ (Air-conditioning System)

ระบบปรับอากาศ คือ การประกอบองค์ประกอบสำคัญเข้าด้วยกันเป็นระบบ เพื่อให้สามารถทำหน้าที่ปรับสภาวะอากาศในบริเวณที่ต้องการให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด โดยทั่วไปเกณฑ์ที่กำหนด คือ อุณหภูมิประมาณ 24 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 55%RH

องค์ประกอบของระบบปรับอากาศที่ควรจะทราบมีดังต่อไปนี้

2.4.1 ระบบท่อลม (Air Distribution System)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยทั่วไปจะเป่าลมได้ไกลไม่เกิน 6 เมตร หรือหากใช้เครื่องส่งลมเย็นแบบตู้ตั้งแล้วเป่าลมโดยตรง (Free Blow) ก็จะทำให้ลมเย็นตกเป็นที่ๆ ตรงที่โดนลมเย็นเป่าก็จะเย็นเกินไป นั่งนานๆ ไม่ได้ ส่วนตรงที่ไม่โดนลมเย็น บางบริเวณก็อาจจะไม่เย็นพอ เครื่องแบบนี้จึงเหมาะที่จะใช้เฉพาะกับบริเวณที่คนสัญจรไปมาไม่อยู่กับที่

ในกรณีสำนักงานที่คนต้องนั่งทำงานนานๆ, ห้องประชุม, ห้องจัดเลี้ยง, ห้องอาหาร, ห้องพักผ่อน หรือบริเวณที่มีพื้นที่ปรับอากาศเป็นบริเวณกว้าง การกระจายลมเย็นจึงต้องอาศัยระบบท่อลมในการช่วยกระจายลมให้ทั่วถึง โดยทั่วไปความเร็วลมที่ผ่านตัวคนที่เหมาะสมควรจะอยู่ที่ประมาณ 50 ฟุต/นาที

รูปที่ 2.13 ท่อลมแบบ Spiral

โครงสร้างของท่อลมประกอบจากแผ่นสังกะสีพับขึ้นเป็นรูปท่อ ซึ่งมักจะเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วหุ้มทับภายนอกด้วยฉนวนใยแก้ว ที่มีอลูมิเนียมฟอล์ยเป็นเปลือกนอกอีกชั้นหนึ่ง เพื่อป้องกันไม่ให้ฉนวนใยแก้วหลุดลุ่ย ความหนาของแผ่นสังกะสี และลักษณะการพับขึ้นรูปของท่อลมจะมีมาตรฐานกำหนดให้เหมาะสมกับขนาดของท่อ

ท่อลมจะต่อกับเครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU ลักษณะการเดินท่อลมโดยทั่วไปก็มักจะเดินอยู่ภายในฝ้าเพดาน เครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU ที่จะใช้ระบบท่อลม จะต้องเป็นเครื่องที่มีความดันลมมากพอ เนื่องจากการส่งลมผ่านท่อลม จะต้องใช้ความดันลมที่สูงกว่าการเป่าลมเย็นโดยตรง ผู้ออกแบบระบบปรับอากาศจะตรวจสอบเรื่องความดันลมที่พอเหมาะ รวมทั้งเรื่องความดังของเสียงพัดลมว่าจะต้องไม่ดังเป็นที่รบกวนด้วย ความยาวของท่อลมในเกณฑ์ประมาณ 40-50 เมตร จัดว่าเป็นระยะที่ยาวมากแล้ว โดยทั่วไปมักจะไม่เกินเกณฑ์นี้ แต่ถ้าต้องเกินจริงก็ทำได้ ไม่มีปัญหาเหมือนการเดินท่อน้ำยาแอร์ในเครื่องปรับอากาศแยกส่วน แต่วิศวกรจะต้องตรวจสอบความดันของพัดลมให้เพียงพอ และต้องระวังในเรื่องเสียงของพัดลมมากขึ้น ประกอบกับมอเตอร์พัดลมจะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น การเดินท่อลมยาวๆ ต้องระวังเรื่องลมรั่วด้วย เพราะลมจะรั่วจากท่อลมได้จำนวนหนึ่ง หากลมรั่วมากไปก็เท่ากับเสียลมแอร์ไปโดยเปล่าประโยชน์ ความเร็วของลมในท่อลมเมนมักจะสูงถึง 1500-2000 ฟุต/นาที ดังนั้นโดยทั่วไปวิศวกรจะเดินท่อแยก (Branch) ออกมาจากท่อเมนก่อน แล้วขยายท่อเพื่อลดความเร็วลมลงเหลือไม่เกิน 800 ฟุต/นาที จนถึงหัวจ่ายแอร์ ซึ่งจะจ่ายลมที่มีความเร็วประมาณ 400-500 ฟุต/นาที

รูปที่ 2.14 หัวจ่ายลมเย็น

ท่อลมส่ง เรียกว่า Supply Air ทำหน้าที่จ่ายลมเย็นที่ออกจากเครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU ไปยังบริเวณปรับอากาศที่ต้องการ

ท่อลมกลับ เรียกว่า Return Air ทำหน้าที่นำลมจากภายในห้องปรับอากาศ กลับมาเข้ายังเครื่องปรับอากาศ, FCU หรือ AHU วิธีการนำลมกลับนี้ อาจจะไม่จำเป็นต้องเดินท่อลม เพื่อไปรับตามจุดต่างๆเสมอไป หากพื้นที่ห้องไม่ใหญ่นักก็อาจจะเดินท่อลมกลับสั้นๆ แล้วดูดลมจากห้องปรับอากาศในบริเวณใกล้เครื่องได้เลย หรือในกรณีสำนักงาน อาจจะใช้พื้นที่ในฝ้าเพดานเป็นทางลมกลับก็ได้ ทั้งนี้จะต้องพิจารณาไม่ให้เกิดกระแสลมมากเกินไปบริเวณหน้าลมกลับ

ลักษณะวงจรการหมุนเวียนของลมนี้เป็นแบบปิด (Recirculated) คือ ส่งลมเย็นไปแล้วก็ดึงลมที่ร้อนขึ้นหลังจากรับความร้อนภายในห้องกลับมาทำให้เย็นแล้วก็ส่งกลับเข้าไปในห้องใหม่ เป็นเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ในขณะที่เดินระบบปรับอากาศ แต่เพื่อให้ได้ปริมาณออกซิเจนที่เพียงพอในห้องปรับอากาศ จะมีการนำอากาศจากภายนอกห้องปรับอากาศเข้ามาผสม โดยอากาศส่วนนี้มักจะเรียกว่า อากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) ทั้งๆที่โดยความจริงอากาศจะบริสุทธิ์หรือไม่ขึ้นกับแหล่งที่เราเอาอากาศนี้เข้ามาด้วย ในบริเวณย่านธุรกิจในกรุงเทพฯ แหล่งอากาศบริสุทธิ์ในระดับถนนคงจะหาไม่ได้ จึงอาจจะต้องหาทางนำมาจากระดับที่สูงกว่า และก็ต้องระวังว่าบริเวณข้างเคียงมีอากาศเสียจากห้องน้ำ, ห้องครัว, หอระบายความร้อน ฯลฯ หรือไม่

รูปที่ 2.15 ระบบท่อลม

ปริมาณลมที่หมุนเวียน หรือ Recirculated Air ในระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะอยู่ในช่วง 12-15 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง ภาษาทางวิศวกรรมเรียกว่า 12-15 Air change/hr และปริมาณอากาศบริสุทธิ์ที่เข้ามาผสมจะอยู่ในช่วง 10-15% ของปริมาณลมหมุนเวียนนี้ ขึ้นกับลักษณะการใช้งาน เช่น ความหนาแน่นของคน และหากเป็นร้านอาหาร หรือห้องประชุมก็จะมากขึ้น

นอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาที่ว่านี้แล้ว ยังมีการระบายอากาศเสียทิ้ง (Exhaust Air) จากห้องน้ำ, ห้องครัว, ห้องที่มีการสูบบุหรี่, Pantry, ห้องเก็บของเพื่อป้องกันกลิ่นรบกวน ปริมาณอากาศเสียจะน้อยกว่าปริมาณอากาศบริสุทธิ์อยู่บ้าง ทั้งนี้เพราะโดยทั่วไปห้องปรับอากาศจะพยายามรักษาความดันให้ภายในห้องสูงกว่านอกห้อง เป็นการป้องกันไม่ให้ฝุ่นและความชื้นเข้าไปได้โดยง่าย มาถึงตอนนี้ท่านอาจจะสงสัยว่าการจัดให้มีอากาศบริสุทธิ์และการระบายอากาศเสียนี้ทำได้ในทุกกรณีหรือไม่ ก็ตอบได้ว่าเรื่องทั้งหมดนี้มักจะถูกละเลยอยู่เรื่อย แต่ในกรณีที่ห้องปรับอากาศนั้นไม่มีแหล่งกำเนิดกลิ่น, ก๊าซพิษ และไม่ใหญ่นัก การที่ปิดเปิดประตูบ้าง การที่ห้องมีลมรั่วได้บ้าง ก็ทำให้มีอากาศจากภายนอกห้องเข้ามาเจือปนได้บ้างอยู่แล้ว แต่หากจะทำให้ถูกต้องก็ควรจะจัดให้มี ที่เห็นได้ชัดคือ พวกคอนโดมิเนียมที่ใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มักจะไม่มีการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาที่เครื่องเลย และการเจาะช่องเปิดเพื่อให้อากาศจากภายนอกมาเข้าที่เครื่อง FCU ก็ทำได้ยาก วิธีที่ถูกต้อง คือ สำหรับคอนโดมิเนียม ควรจะติดตั้งอุปกรณ์ที่เรียกว่า Air-to-Air Heat Exchanger ซึ่งจะทำหน้าที่ระบายอากาศเสียทิ้งจากห้องน้ำ และนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาแทนที่ พร้อมทั้งทำให้อากาศบริสุทธิ์นี้เย็นลงโดยอาศัยความเย็นที่ยังเหลืออยู่ของอากาศเสีย เมื่อเป็นเช่นนี้ เราก็มั่นใจได้ทั้ง 2 ทาง ว่าจะมีทั้งอากาศดีและจะมีการระบายอากาศเสียทิ้ง

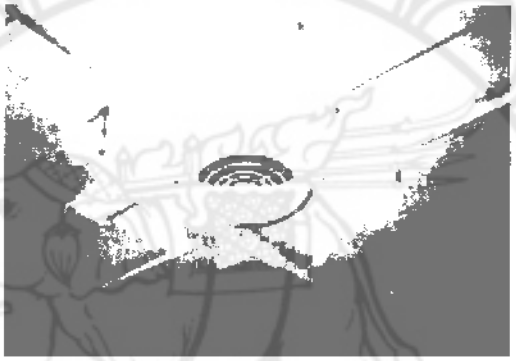
รูปที่ 2.16 ท่อลมวงรีแบบ Spiral

ป
TH
7687
.A2
ม๓๒ก
2549

สำนักหอสมุด
17 มี.ค. 255

ในการควบคุมคุณภาพอากาศในอาคาร (Indoor Air Quality) นอกจากการนำอากาศบริสุทธิ์เข้ามาผสมดังกล่าวแล้ว ยังมีการกรองอากาศโดยใช้แผงกรองอากาศ (Air Filter) ซึ่งตามเครื่องปรับอากาศทั่วไป ไม่ว่าจะเป็นเครื่องแบบหน้าต่าง แบบแยกส่วน ก็มีทั้งนั้น ท่านก็อาจจะเคยถอดแผงกรองอากาศที่เครื่องมาล้างกันบ้างแล้ว

ในระบบปรับอากาศ แผงกรองอากาศนี้จะอยู่ที่ FCU หรือ AHU หรือ ในระบบท่อลมกลับ เพื่อทำหน้าที่กรองฝุ่นละอองในอากาศ เมื่อฝุ่นมาจับที่แผงกรองอากาศแล้ว ก็จะต้องเปลี่ยนหรือถอดออกมาล้าง แล้วแต่ว่าจะใช้แผงกรองอากาศชนิดไหน



รูปที่ 2.17 หัวจ่ายลมเย็น

ฝุ่นละอองในอากาศนี้ เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในห้องปรับอากาศ ไม่ว่าจะเป็นการพูดการจาม การเขียนหนังสือ การเดิน จากเฟอร์นิเจอร์ พรม และตัวร้ายที่สุดก็คือ การสูบบุหรี่ หากมีปริมาณฝุ่นละอองในอากาศที่สูงจะทำให้คนเป็นหวัด เป็นโรคภูมิแพ้ได้ง่าย หรือเป็นโรคทางเดินหายใจปัจจุบันมีผู้เห็นความสำคัญเรื่องคุณภาพอากาศมากขึ้น และเข้าใจปัญหาสุขภาพที่เกี่ยวข้องกับฝุ่นละอองในอากาศ จึงมีการผลิตและจำหน่ายเครื่องกรองอากาศกันมากขึ้น และมีการนำมาประกอบในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กแบบสำเร็จครบชุดในตัวด้วย

ในการออกแบบระบบท่อลมในปัจจุบันยังนิยมที่จะเดินท่อลมลอยโดยไม่ต้องมีฝ้าเพดานด้วย และก็สามารถใช้ท่อลมชนิดกลมแบบ Spiral ซึ่งแลดูสวยงามกว่าท่อสี่เหลี่ยม รวมทั้งขึ้นรูปได้เร็วกว่า เนื่องจากใช้เครื่องม้วนท่อลมจากม้วนแผ่นสังกะสีออกมาเป็นรูปท่อกลมได้เลย นอกจากนี้ปริมาณลมรั่วจากท่อลมจะน้อยกว่า เพราะตะเข็บที่แน่นกว่า ท่อกลมมีข้อจำกัดที่พื้นที่ เพราะท่อจะมีความลึกกว่าท่อเหลี่ยม แต่ก็เริ่มมีผู้นำท่อลมแบบวงรี (Oval Duct) ซึ่งก็คือท่อกลมที่นำไปบีบด้วยไฮดรอลิคให้แบนลง เพื่อลดความลึกของท่อเหมือนกัน

ลักษณะการจ่ายลมในระบบปรับอากาศ โดยทั่วไปจะเป็นแบบปริมาณการจ่ายลมคงที่ (Constant Air Volume หรือ CAV) แต่เนื่องจากลักษณะการจ่ายลมแบบนี้จะมีเครื่องควบคุมอุณหภูมิหรือเทอร์โมสตัทเพียงชุดเดียวที่บริเวณห้องเครื่องหรือที่หน้าลมกลับ จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมอุณหภูมิในบริเวณต่างๆได้ทั่วถึง ดังนั้นอาคารสำนักงานสมัยใหม่ จึงมักจะใช้ระบบการจ่ายลมที่มีปริมาณการจ่ายลมเปลี่ยนแปร (Variable air Volumn หรือ VAV) โดยมีกล่องควบคุมปริมาณลม (VAV Box) ซึ่งมีลิ้นควบคุมปริมาณลมตามเทอร์โมสตัท ในบริเวณนั้น ทำให้ปริมาณการจ่ายลมมากน้อยตามสภาพการใช้งานและการรับแดด ในลักษณะนี้จะทำให้สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ดีขึ้น และในแต่ละชั้นอาจจะมีเทอร์โมสตัท ถึง 10-30 ชุด ตามขนาดพื้นที่อาคารและการใช้งาน

การเลือกหัวจ่ายลมสำหรับระบบ VAV จะต้องเลือกชนิดที่ใช้กับ VAV กล่าวคือ จะต้องมีคุณสมบัติที่สามารเป่าลมให้วิ่งเกาะไปใต้ฝ้าเพดานได้ เมื่อปริมาณลมเปลี่ยนไป เนื่องจากหัวจ่ายแอร์โดยทั่วไปเมื่อปริมาณลมน้อยลง ลมจะตกลงใต้หัวจ่ายเลย ทำให้ไม่สามารถกระจายลมไปได้ สิ่งสำคัญที่ไม่ควรจะมองข้ามก็คือ เนื่องจากท่อลมติดตั้งอยู่ภายใต้ฝ้าเพดาน และมีอุปกรณ์ประกอบในระบบท่อลมหลายอย่าง เช่น ใบปรับปริมาณลม หรือในกรณีที่ใช้ระบบ VAV ก็มี VAV Box ซึ่งมีอุปกรณ์มอเตอร์ที่จะขับลิ้นปรับปริมาณลม อุปกรณ์เหล่านี้ต้องการช่องเปิดเพื่อให้สามารถตรวจสอบหรือปรับแต่งปริมาณลมได้ ฝ้าเพดานจึงควรเป็นแบบที่เปิดได้ให้มากที่สุด ไม่เช่นนั้นก็มักจะพบปัญหาว่า จ่ายลมเย็นมากไปหรือน้อยไป แล้วไม่สามารถปรับหรือทำอะไรได้

รูปที่ 2.18 ชุดควบคุมกล่อง VAV

2.4.2 ระบบท่อน้ำยา (Refrigeration Piping)

ในกรณีที่เราแยก Condensing Unit (CDU) ออกจาก Fan Coil Unit (FCU) อย่างในกรณีของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ก็จำเป็นต้องมีท่อเพื่อส่งสารทำความเย็นไป-กลับระหว่างเครื่องทั้งสองนี้ ท่อจาก CDU ยังมีความดันสูง เพราะอุปกรณ์ลดความดันจะอยู่ใน FCU ท่อจึงอุ่นและไม่มีการหุ้มฉนวน ส่วนท่อส่งสารทำความเย็นกลับจาก FCU ไป CDU จะมีความดันต่ำและเย็น จึงต้องหุ้มฉนวนเพื่อป้องกันน้ำเกาะ และป้องกันการสูญเสียความเย็นให้กับอากาศภายนอกห้องปรับอากาศ

หากเครื่องปรับอากาศทำงานปกติ ท่อจาก CDU ไป FCU หรือที่เรียกว่า Liquid Line จะอุ่นๆ จับได้ ถ้าร้อนมากแสดงว่า CDU ระบายความร้อนได้ไม่ดี ส่วนท่อจาก FCU ไป CDU หรือเรียกว่า Suction Line จะเย็นๆ และบริเวณท่อที่หัวคอมเพรสเซอร์ที่ไม่ได้หุ้มฉนวนควรจะมีเหงื่อน้ำจับบ้าง หากอากาศเป็นอย่างนี้แสดงว่าอาการปกติ

ท่อน้ำยานี้เป็นท่อทองแดง เนื่องจากเป็นที่ที่รับความดันได้มาก ช่างที่ติดตั้งจะเชื่อมท่อเข้าถึงกน โดยภาในท่อจะต้องสะอาด หลังจากนั้นก็จะใช้ปั๊มสุญญากาศดูดอากาศและความชื้นออก ก่อนที่จะเติมสารทำความเย็นเข้าไป แต่ในปัจจุบัน เครื่องปรับอากาศญี่ปุ่นจะมีท่อขดมาเสร็จทั้งชุด พร้อมทั้งสายไฟที่ใช้ควบคุมการทำงาน มีสารทำความเย็นเติมมาภายในท่อเสร็จ เรียกว่า Precharged เวลาติดตั้งก็เพียงแต่ขันปลายของท่อเข้ากับเครื่องเท่านั้น ท่อที่เหลือก็ขดทิ้งไว้ข้างๆ เครื่อง CDU นั่นเอง

ท่อน้ำยาไม่ควรจะมีความยาวเกินไป เพราะจะทำให้แรงเสียดทานมาก และทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนรุ่นใหม่ๆ ที่ใช้โรตารี่คอมเพรสเซอร์ ซึ่งถึงแม้ว่าจะกินไฟน้อยและเงียบ แต่ถ้าเดินท่อน้ำยายาวจะมีประสิทธิภาพลดลง อีกเหตุผลหนึ่งที่ไม่ควรเดินท่อน้ำยายาวๆคือ จะมีปัญหาทำให้น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ที่ปกติจะระเหยและปนไปกับสารทำความเย็นเวลาคอมเพรสเซอร์ทำงาน ไปตกค้างอยู่ในระบบท่อ หรือที่ FCU ได้ เมื่อเครื่องเดินไปเรื่อยๆ น้ำมันหล่อลื่นในคอมเพรสเซอร์ก็จะลดลงทีละนิดไปเรื่อยๆ จนไม่เพียงพอกับการหล่อลื่น ก็จะทำให้คอมเพรสเซอร์เสียหายหรือไหม้ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน โดยทั่วไปท่อน้ำยาควรจะมีความยาว (รวมแนวหัวเลี้ยวต่างๆ) ไม่เกิน 15 เมตร

รูปที่ 2.19 แสดงท่อน้ำยา

2.4.3 ระบบท่อน้ำเย็น (Chilled Water Piping)

ระบบท่อน้ำเย็นก็คือ ระบบท่อที่นำน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ไปยัง FCU และ AHU เมื่อน้ำร้อนขึ้นก็นำกลับมาทำให้เย็นที่เครื่องทำน้ำเย็นใหม่ จัดว่าเป็นระบบปิด (Close System) เพราะน้ำเย็นจะหมุนเวียนอยู่อย่างนี้ภายในระบบท่อไปเรื่อยๆ เมื่อน้ำลดลงเนื่องจากรั่ว หรือมีการระบายน้ำทิ้งบ้าง จึงจะเติมน้ำเข้ามาชดเชย ซึ่งมักจะเติมกันในถังที่เรียกว่า Expansion Tank เหตุที่ต้องมี Expansion Tank ก็เนื่องจากปริมาตรของน้ำจะเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิและเนื่องจากระบบเป็นระบบปิดดังกล่าวแล้ว จึงต้องมีที่ให้น้ำที่ขยายตัวไปพักไว้ มิฉะนั้นจะเกิดความดันจากการขยายตัวของน้ำ ทำให้ระบบท่อเสียหายได้ การหมุนเวียนของน้ำเย็น อาศัยแรงขับเคลื่อนจากเครื่องสูบน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ท่อน้ำเย็นที่ส่งน้ำเย็นเรียกว่า Chilled Water Supply จะมีน้ำเย็นอุณหภูมิประมาณ 7 องศาเซลเซียส ท่อน้ำเย็นหลังจากออกจาก FCU และ AHU เรียกว่า Chilled Water Return จะมีน้ำเย็นที่อุณหภูมิประมาณ 12 องศาเซลเซียส ท่อทั้งหมดจะต้องหุ้มฉนวน เพราะที่อุณหภูมินี้ หากไม่หุ้มฉนวนจะมีน้ำเกาะและหยดที่ผิวท่อได้

การเดินท่อน้ำเย็นจะต้องมีการพิจารณาความดันน้ำในท่อไม่ได้แตกต่างกันมากระหว่างต้นทางและปลายทางของท่อ ไม่เช่นนั้นมักจะมีปัญหาในการควบคุมปริมาณน้ำเข้า FCU และ AHU ดังนั้นหากพบว่าท่อเดินไกล ก็อาจจะต้องแบ่งเครื่องสูบน้ำเย็น เป็นชุดที่มีความดันสูง และชุดที่มีความดันปานกลาง หรืออาจจะต้องเดินท่อเป็นแบบที่เรียกว่า Reverse Return เพื่อเฉลี่ยให้ระยะทางท่อไป-กลับ FCU หรือ AHU ใกล้เคียงกันทุกตัว

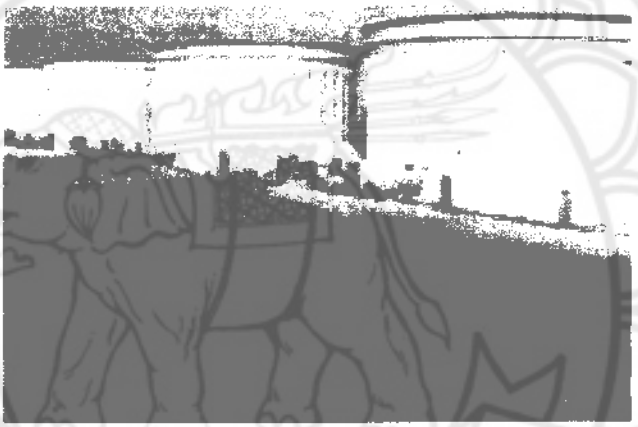
การควบคุมอุณหภูมิในระบบปรับอากาศในกรณีที่ใช้ระบบน้ำเย็นนี้ อาศัยเทอร์โมสตัทเหมือนกัน โดยเทอร์โมสตัทจะวัดอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศแล้วไปสั่งการทำงานของวาล์วควบคุมปริมาณน้ำเย็นอัตโนมัติซึ่งจะติดอยู่ที่ FCU และ AHU แต่ละตัว ถ้าห้องมีอุณหภูมิสูงขึ้น เทอร์โมสตัทก็จะสั่งให้วาล์วเปิดให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นมากขึ้น และถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าที่ตั้งไว้ วาล์วก็จะลดลงให้น้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นน้อยลง อุปกรณ์ประกอบในระบบท่อน้ำเย็นยังมีอีกหลายอย่างเช่นวาล์วเปิด-ปิด ที่จะติดตั้งไว้ตามจุดที่สำคัญ เพื่ออำนวยความสะดวกในการซ่อมบำรุง หรือเดินท่อเพิ่มวาล์วระบายน้ำที่จุดต่ำสุดของท่อเพื่อระบายตะกอน เช่น แสลกรอยเชื่อมที่อยู่ในท่อ วาล์วปรับปริมาณน้ำ (Balancing Vale) เพื่อช่วยในการปรับสมดุลของระบบ วาล์วระบบอากาศ (Air Vent) เพื่อระบายอากาศที่ค้างอยู่ในท่อ และตามคอยล์เย็นใน FCU และ AHU ข้อต่อเพื่อรับการขยายยืด-หดตัวของท่อ (Expansion Valve) ข้อต่ออ่อน (Flexible Connector) เพื่อลดการส่งผ่านของการสั่นสะเทือนจากเครื่องสูบน้ำ เครื่องวัดความดันที่วัดอุณหภูมิ ฯลฯ

รูปที่ 2.20 ระบบท่อน้ำเย็น

คอยล์เย็นที่ทำงานปกติ จะต้องเย็นและมีน้ำเกาะและหยดไหลอยู่ตลอดเวลา หากคอยล์แห้งเย็นแสดงว่าผิดปกติ จะต้องดูว่าน้ำเย็นไหลเข้าคอยล์เย็นได้สะดวกหรือไม่ และมีลมค้างอยู่ภายในท่อน้ำหรือคอยล์น้ำเย็นหรือไม่ เพราะลมที่ค้างอยู่จะขวางไม่ให้น้ำไหล (Air Block) ต้องไล่อากาศนี้ออกทาง Air Vent

2.4.4 ระบบท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water)

ในกรณีที่เราใช้การระบายความร้อนสำหรับเครื่องทำความเย็น เป็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled) ไม่ว่าจะเป็นเครื่อง Packaged Water Cooled Air-conditioner หรือ Water Cooled Chilled ก็จะต้องมีระบบท่อน้ำระบายความร้อนนี้



รูปที่ 2.21 หอระบายความร้อน (Cooling Tower)

ระบบนี้จะประกอบด้วยหอระบายความร้อน (Cooling Tower) ท่อน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Piping) และเครื่องสูบน้ำระบายความร้อน (Condenser Water Pump) โดยเครื่องสูบน้ำระบายความร้อนจะทำหน้าที่ขับเคลื่อนน้ำระบายความร้อนผ่านคอนเดนเซอร์ของเครื่องทำน้ำเย็นเมื่อน้ำร้อนขึ้นจากประมาณ 32°C – 38°C ก็จะถูกส่งไปยังหอระบายความร้อน ซึ่งจะทำให้น้ำเย็นลงและนำกลับมาใช้ระบายความร้อนใหม่ วนไปอย่างนี้เรื่อยๆ

อย่างไรก็ตาม ระบบนี้นับเป็นระบบเปิด (Open System) เนื่องจากหอระบายความร้อน มีลักษณะเป็นหอฉีดน้ำ และมีอ่างรับ จึงไม่จำเป็นต้องมีถังสำหรับการขยายตัวของน้ำอีก การเติมน้ำก็จะเติมที่อ่างของหอระบายความร้อนเลย

ดังที่ได้กล่าวแล้วว่า หอระบายความร้อนนั้นใช้น้ำเป็นปริมาณมาก เนื่องจากการระเหยของน้ำส่วนหนึ่ง การที่น้ำโดนพัดลมของหอระบายความร้อนดูดทิ้งเองส่วนหนึ่ง การที่น้ำล้นทิ้งส่วนหนึ่งรวมทั้งการที่ต้องระบายทิ้งเพื่อลดปริมาณสารแขวนลอยและตะกอนอีกส่วนหนึ่ง โดยทั่วไปปริมาณน้ำเติมจะเป็นประมาณ 2-3% ของปริมาณน้ำหมุนเวียน และมากพอๆกับการใช้น้ำสำหรับกิจกรรมอื่นๆ ทั้งหมดในอาคาร

อุณหภูมิในระบบน้ำยังเหมาะกับการเกิดตะกอน ตะไคร่ และเชื้อแบคทีเรียอีกด้วย จึงต้องมีการเติมสารเคมี เพื่อป้องกันสิ่งเหล่านี้ มิฉะนั้นแล้วประสิทธิภาพของระบบอาจจะลดลงได้

ละอองน้ำจากหอระบายความร้อน หากโดนกระจกหรืออาคารจะทำให้สกปรก และยากกับการทำความสะอาด จึงไม่ควรให้ละอองน้ำนี้เป่าใส่อาคาร และต้องไม่ให้คนหายใจเอาละอองนี้เข้าไปเป็นประจำ เพราะจะทำให้เป็นโรคทางเดินหายใจได้

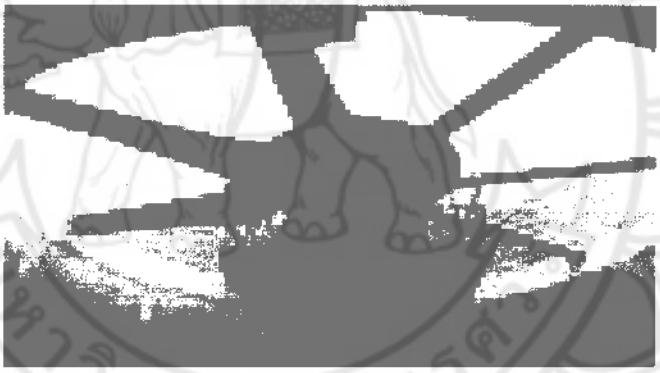
ตำแหน่งที่ตั้งหอระบายความร้อน จะต้องพิจารณาตั้งแต่เริ่มต้นการออกแบบอาคาร โดยจัดให้มีพื้นที่พอเพียง มีการระบายอากาศที่ดี ไม่รบกวนบริเวณข้างเคียง ไม่อยู่ใกล้ตำแหน่งของการนำอากาศบริสุทธิ์เข้าอาคาร โดยตรวจสอบทิศทางลมด้วย นอกจากนี้จะต้องดูความสูงของหอระบายความร้อนด้วยซึ่งมักจะมีความสูง 3-6 เมตร

รูปที่ 2.22 ปล่องระบายลมร้อนของหอระบายความร้อน

ในบริเวณที่มีความวิกฤตเรื่องความดังของเสียง เช่น โรงแรม โรงพยาบาล จะต้องพิจารณาว่าเสียงของหอระบายความร้อนจะรบกวนหรือไม่ หากรบกวนก็จะต้องใช้รุ่นที่เรียกว่า Low Noise หรือติดตั้งกล่องเก็บเสียงเพิ่มเติม

การสั่นของหอระบายความร้อนก็เป็นสิ่งที่ต้องคำนึงถึง เพราะเป็นการสั่นที่มีความถี่ต่ำและยากต่อการแก้ไข หากตั้งอยู่บนพื้นหลังคาที่มีความหนาไม่มากก็ควรจะเสริมพื้นให้หนาขึ้น และใส่สปริงรับชุดพัดลมและมอเตอร์

โครงสร้างของหอระบายความร้อนมีหลายรูปแบบ แต่ที่นิยมเห็นมีอยู่ 2 รูปแบบ คือ แบบที่มีรูปเป็นถังวงกลม ทำด้วยไฟเบอร์กล๊าส มีการออกแบบเป็น Counter Flow แบบนี้จะมีราคาถูก แต่ประสิทธิภาพต่ำและใช้น้ำมาก อีกแบบคือ ทรงสี่เหลี่ยมทำด้วยไฟเบอร์กล๊าส หรือกระเบื้อง หรือโลหะมีการออกแบบเป็น Cross Flow แบบนี้จะมีราคาแพงกว่า แต่ประสิทธิภาพสูงใช้พื้นที่น้อยกว่า และใช้น้ำน้อยกว่าถึงประมาณ 30%



รูปที่ 2.23 พัดลมของหอระบายความร้อน

2.4.5 ระบบท่อน้ำทิ้ง (Condensate Drain)

ในห้องปรับอากาศ โดยปกติจะมีความชื้นสัมพันธ์ประมาณ 50% ที่อุณหภูมิ 23-24°C ซึ่งอากาศภายนอกจะมีความชื้นสัมพันธ์ 70-80% ที่อุณหภูมิ 30-35°C และอาจสูงถึงเกือบ 100% บ่อยในหน้าฝน ดังนั้นเครื่องปรับอากาศนอกจากจะมีหน้าที่ลดอุณหภูมิอากาศลงแล้ว ยังมีหน้าที่ลดความชื้นลงด้วย อากาศเมื่อผ่านคอยล์เย็นจะกระทบกับผิวของคอยล์เย็น และเกิดการกลั่นตัวของความชื้นในอากาศที่ผิว คอยล์เย็นนี้จะกลายเป็นหยดน้ำไหลลงมา ดังนั้นที่ใต้คอยล์เย็นจะมีถาดน้ำทิ้ง เพื่อรองรับปริมาณน้ำในอากาศที่เกิดจากการกลั่นตัวของความชื้นนี้ เพื่อไม่ให้หยดเลอะ

เทอะ หลังจากนั้นก็จะมีท่อน้ำทิ้งที่เรียกว่า Condensate Drain เพื่อนำน้ำนี้ไปทิ้งต่อไป ท่านที่ใช้เครื่องปรับอากาศที่บ้านก็จะพบเห็นท่อน้ำทิ้งนี้ และเมื่อเดินเครื่องปรับอากาศก็จะมีน้ำไหลออกมา ท่อนี้จะต้องหุ้มฉนวนเช่นกัน เพราะน้ำทิ้งนี้มีความเย็น ไม่เช่นนั้นอาจจะมีน้ำเกาะที่ท่อ

เมื่อวางแผนติดตั้งเครื่องปรับอากาศ ก็ต้องตรวจสอบเรื่องการเดินท่อน้ำทิ้ง เพราะท่อน้ำทิ้งจะต้องมีทางให้เดิน มีตำแหน่งให้ทิ้ง และจะต้องมีความลาดเอียง เพื่อให้สามารถระบายน้ำทิ้งได้โดยสะดวก มิฉะนั้นน้ำก็อาจล้นออกที่ถาดน้ำทิ้งได้

ในการติดตั้งมักจะต้องติดคอห่านเล็กๆ (Trap) เพื่อป้องกันไม่ให้เครื่องปรับอากาศดูดลมจากภายนอกห้องย้อนเข้ามาตามท่อ ซึ่งอาจจะมีกลิ่น รวมทั้งอาจจะทำให้น้ำไหลไม่สะดวกได้ เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่างบางรุ่น ต้องการตัดปัญหาการเดินท่อน้ำทิ้ง จึงออกแบบให้ใบพัดลมระบายความร้อนช่วยตักน้ำทิ้งมาสาดที่คอยล์ร้อน แล้วอาศัยให้ระเหยไป แต่อย่างไรก็ตาม พอเครื่องเก่าน้ำก็อาจจะหยดจากเครื่องได้เช่นกัน

รูปที่ 2.24 แสดงถาดน้ำทิ้งของคอยล์ทำความเย็น

2.4.6 ระบบระบายอากาศ (Ventilation)

ภาวะอากาศที่ทำให้คนเรารู้สึกสบายจะอยู่ที่อุณหภูมิประมาณ 23-24°C และความชื้นสัมพัทธ์ประมาณ 50% และทั้งอุณหภูมิและความชื้นเป็นเงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกัน หากห้องนั้นมีอุณหภูมิสูงขึ้นความชื้นสัมพัทธ์ก็จะลดลง หรือถ้าห้องนั้นมีอุณหภูมิลดลง ความชื้นสัมพัทธ์ก็จะมีค่าสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากค่าความชื้นสัมพัทธ์เท่ากับปริมาณไอน้ำในอากาศ/ปริมาณไอน้ำอิ่มตัว ดังนั้นในการกำหนดภาวะอากาศจึงต้องระบุทั้งอุณหภูมิและความชื้นควบคู่ไปด้วยกันเสมอ และเป็นที่น่าสังเกตว่า หากเราลดความชื้นให้ต่ำลงเช่น จากปกติ55% เป็น 45 หรือ 50% ถึงแม้อุณหภูมิจะสูงขึ้นเป็น 25 หรือ 27°C คนก็ยังอาจจะรู้สึกสบายอยู่ก็ได้

นอกจากภาวะอากาศจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ และความชื้นเป็นอย่างมากแล้ว ความจริงส่วนหนึ่งยังขึ้นกับความเร็วลมที่มาปะทะร่างกายอีกด้วย นี่คือเหตุผลที่ว่าทำไมเวลาเรายืนอยู่กลางทุ่งที่แดงเปรี้ยง อุณหภูมิ35-40°C ความชื้นสัมพัทธ์ 80% แต่มีลมพัดโกรกเราถึงยังรู้สึกเย็นสบาย ยิ่งถ้าเราอยู่ใต้ร่มไม้ก็ยิ่งสบายเพราะเราไม่ได้รับแสงแดดโดยตรง

เทคนิคในการระบายอากาศให้ได้ผล และทำให้พอจะสบายอยู่ได้ก็อาศัยหลักการถ่ายเทอากาศให้มีปริมาณที่เพียงพอ ที่จะทำให้เกิดกระแสลมนั่นเอง

รูปที่ 2.25 เกล็ดดูดลมระบายอากาศ

การกำหนดค่าปริมาณการถ่ายเทอากาศ ทางวิศวกรรมเรียกว่า Air changes/hr หรือปริมาณปริมาตรการถ่ายเทอากาศคิดเป็นจำนวนเท่าของปริมาตรห้องภายในหนึ่งชั่วโมง อย่างเช่นในปัจจุบัน เทศบัญญัติระบบให้อาคารจอดรถใต้ดิน ต้องมีการถ่ายเทอากาศไม่น้อยกว่า 4 เท่าของปริมาตรห้อง/ชั่วโมง ก็คือ 4 Air changes/hr (4A/C/hr)

ตารางที่2.2 ตารางการกำหนดการระบายอากาศ

ลักษณะห้อง	A/C/hr
ห้องใช้งานทั่วไป	15
ห้องเก็บของ	10
ห้องน้ำ	20-30
ห้องเครื่อง/โรงงาน/ห้องครัว	30-40

การออกแบบอาคารที่ดีเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานจะต้องออกแบบให้มีพื้นที่ต้องการการปรับอากาศจริงๆให้น้อยที่สุด และพยายามใช้การระบายอากาศเข้ามาช่วยในพื้นที่ส่วนที่เหลือ การระบายอากาศก็ควรจะพยายามใช้วิธีทางธรรมชาติให้มากที่สุด ที่เหลือจึงจะใช้วิธีการระบายอากาศทางกล เพราะการระบายอากาศทางกลก็ใช้ไฟฟ้าเหมือนกัน

ตัวอย่างการระบายอากาศทางธรรมชาติ เช่น การจัดให้บริเวณทางเดินอยู่ภายในสวนภายในที่เรียกว่า Inner Court ทำให้ได้บรรยากาศที่ร่มรื่นบริเวณทางเดิน หรือโถงโดยทั่วไปไม่ต้องมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศในส่วนนี้

ตัวอย่างการระบายอากาศทางธรรมชาติที่ได้ผลมากอีกวิธีหนึ่งก็คือ การใช้หลักการของอากาศร้อนที่ลอยตัวขึ้น และอากาศที่เย็นกว่าจะเข้ามาแทนที่ หรือเรียกว่า Stack Effect หลักการนี้จะเห็นได้จากโบสถ์คริสต์ ซึ่งจะมีการเจาะให้ช่องลมด้านล่างของผนังโดยรอบ และมีช่องระบายอากาศออกในส่วนสูง จะทำให้มีกระแสลมได้มากทีเดียว พอที่จะใช้ประโยชน์ได้ แต่หากมีคนอาจจะไม่เพียงพอสาเหตุส่วนหนึ่งเนื่องมาจากหลังคาภายในไม่มีฉนวนกันความร้อน ทำให้หลังคาอมความร้อนและแผ่รังสีกลับลงมา

การใช้ Stack Effect ให้ได้ผลจะต้องพยายามให้มีความสูงระหว่างช่องลมเข้าด้านล่างและช่องระบายอากาศออกด้านบน (Stack Height) ที่สูงพอ (5 เมตรขึ้นไป) จึงจะเริ่มเห็นผล โดยที่ขนาดช่องเปิดก็จะต้องมากพอด้วย นอกจากนี้จะต้องระมัดระวังไม่ให้กระแสลมเกิดการลัดวงจรทำให้ Stack Height เสียไป และต้องให้กระแสลมผ่านห้องตามแนวกระแสลมที่ต้องการ

นอกจากการระบายอากาศจะช่วยให้ห้องมีภาวะอากาศที่เหมาะสมแล้ว การระบายอากาศยังมีหน้าที่ในการนำอากาศเสียไปทิ้งด้วย ดังนั้นการระบายอากาศจึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับห้องที่มีกลิ่น ควันไอเสียต่างๆ เช่น ห้องประชุม ห้องอาหาร บริเวณสูบบุหรี่ ห้องน้ำ ที่จอดรถ ห้องครัว ห้องขยะ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการระบายอากาศจากห้องที่มีอากาศเสีย เช่น ห้องครัวและห้องขยะจะต้องระบายทิ้งที่ระดับสูง เพื่อป้องกันไม่ให้กลิ่นตกค้างอยู่รอบบริเวณอาคาร

การระบายอากาศเสียให้ได้ผล จะต้องพยายามดูดอากาศเสียออกที่จุดต้นกำเนิด เช่น จุดที่มีอากาศร้อน เตาไฟ ต้นกำเนิดของกลิ่น หากปล่อยให้ความร้อน กลิ่น ควัน ไอน้ำกระจายออกไป การที่จะดูดทิ้งให้ได้ผลก็จะทำได้ยาก ในบางกรณีจึงนิยมที่จะทำฝาครอบ (Hood) ครอบเสียเลย

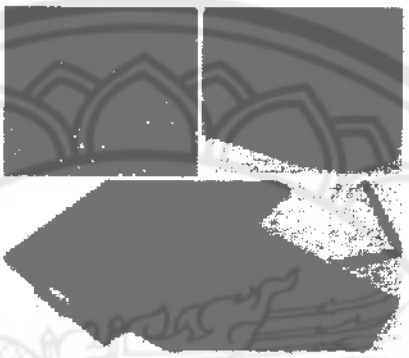
ระบบระบายอากาศยังมีความสำคัญในการช่วยควบคุมความดันอากาศภายในห้องอย่างที่ได้กล่าวมาแล้วว่า ห้องปรับอากาศมักจะออกแบบให้มีความดันอากาศภายในห้องสูงกว่าภายนอก โดยอาศัยการนำ Fresh Air เข้ามาที่ FCU หรือ AHU เพื่อป้องกันฝุ่นและความชื้นที่แทรกตัวเข้าไป ห้องที่ควรจะมีความดันอากาศต่ำคือ พวกห้องที่มีกลิ่นไม่พึงประสงค์เช่น ห้องน้ำ ห้องอาหาร ห้องครัว พวกนี้จะอาศัยการระบายอากาศทิ้งไปบางส่วนทำให้ความดันต่ำกว่าบริเวณอื่น

ในอาคารประเภทโรงพยาบาลหรือโรงงานอิเลคทรอนิคส์ การกำหนดค่าความดันอากาศของห้องต่างๆ จะมีความสำคัญมาก โดยการกำหนดจะกำหนดเป็นลำดับชั้น เช่น ห้องผ่าตัดจะต้องมีความดันสูงกว่าบริเวณห้องผ่าตัด และบริเวณหน้าห้องผ่าตัดจะต้องมีความดันสูงกว่าบริเวณภายนอกเป็นต้น

รูปที่ 2.26 พัดลมระบายอากาศแบบติดหลังคา

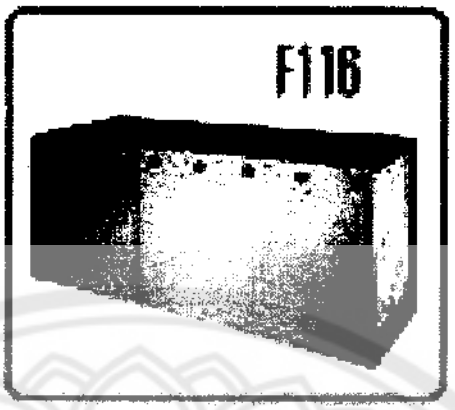
2.4.7 แผงกรองอากาศ (Air Filter)

แผงกรองอากาศมีหน้าที่กรองฝุ่นละอองในอากาศ เพื่อทำให้คุณภาพภายในห้องปรับอากาศดีขึ้น ในปัจจุบันมีผู้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับเรื่องคุณภาพอากาศภายในอาคาร (Indoor Air Quality, IAQ) กันมากขึ้น เนื่องจากพบว่าสุขภาพของคนทำงานกับคุณภาพอากาศภายในอาคารเป็นอย่างมาก และฝุ่นละอองในอากาศเป็นสาเหตุของอาการป่วย โรคภูมิแพ้ต่างๆ



รูปที่ 2.27 แผงกรองอากาศ

สำนักงานในกรุงเทพฯ ที่ปล่อยให้มีการสูบบุหรี่ภายในสำนักงานได้ อาจจะมีจำนวนฝุ่นละอองขนาด 0.05 ไมครอน ถึง 800,000 – 1,000,000 อณู ในขณะที่สำนักงานที่มีการกรองอากาศที่ดี และไม่มีการสูบบุหรี่ จะมีจำนวนฝุ่นละอองในอากาศขนาดเดียวกันเพียง 100,000 – 300,000 อณู และจะพบว่าสำนักงานที่มีอากาศที่ดี พนักงานจะมีสถิติการป่วยและเป็นหวัดน้อยลงมาก



รูปที่ 2.28 เครื่องฟอกอากาศ

แผงกรองอากาศที่ใช้ในเครื่องอากาศมีหลายชนิดด้วยกัน ชนิดที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กทั่วไปมักจะทำจากใยสังเคราะห์เป็นแผ่นบางๆ และสามารถล้างทำความสะอาดได้โดยการจุ่มทำความสะอาดในอ่างน้ำ (Washable Type) นอกจากนี้ยังมีชนิดที่ถักจากเส้นอลูมิเนียม (Aluminum Filter) และมีกรอบทำเป็นแผ่น ๆ ชนิดนี้ถอดมาล้างได้เหมือนกัน และความหนา 1 – 2 นิ้ว แผงกรองอากาศพวกนี้จะมีประสิทธิภาพ 10 – 20%

ในกรณีที่ต้องการการกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น แผงกรองอากาศมักจะทำจากกระดาษมีความลึกของตัวชั้นแผงกรองอากาศตั้งแต่ 2 – 24 นิ้ว ขนาดมักจะเป็น 2 ฟุต x 2 ฟุต (หน่วยยังเป็น นิ้ว – ฟุต เพราะใช้ตามระบบอเมริกัน) และมีประสิทธิภาพตั้งแต่ 70 – 99.99% ในกรณีที่ใช้แผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง มักจะต้องมีแผงกรองอากาศประสิทธิภาพต่ำ และปานกลาง เป็นตัวดักหน้าไว้ก่อน จะได้ไม่ตันเร็ว เพราะแผงกรองอากาศที่มีประสิทธิภาพสูง จะมีราคาแพง นอกจากนี้ยังมีแรงเสียดทานสูงอีกด้วย

2.4.8 พัดลม (Fan)

พัดลมนับเป็นหัวใจในระบบส่งลมต่างๆ ทั้งหมด เพราะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนลม การเลือกใช้พัดลมจะขึ้นกับความดันลมที่ต้องการ ปริมาณลม การกินไฟและระดับเสียง โดยเฉพาะเรื่องการกินไฟและระดับเสียง ในอดีตไม่ค่อยได้ให้ความสำคัญมากนัก แต่ในปัจจุบันจะเห็นว่าเริ่มมีการให้ความสำคัญเกี่ยวกับการประหยัดไฟและความเงียบ ซึ่งได้กลายเป็นจุดขายไปแล้ว การเรียกชื่อพัดลม จะเรียกตามลักษณะของใบ โดยใบลักษณะต่างๆ กันจะมีคุณสมบัติต่างกัน

2.4.8.1 แบบใบพัด (Propeller Fan)

เหมาะกับการใช้เป็นพัดลมระบายอากาศ ที่มีปริมาณลมไม่มากนัก และไม่ต้องการความดันลมมาก พัดลมแบบนี้จะมีราคาถูก เหมือนพัดลมตามบ้าน

2.4.8.2 แบบหอยโข่ง (Centrifugal Fan)

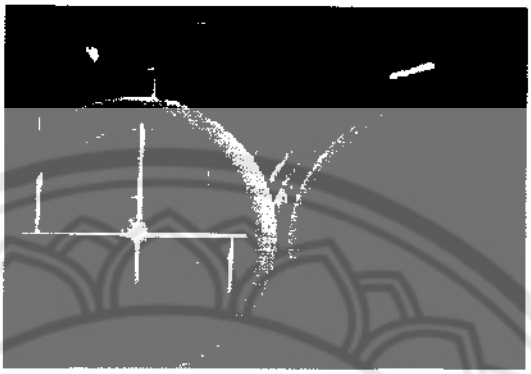
จะให้ปริมาณลมได้มาก และให้ความดันลมได้สูงพอประมาณ จึงเป็นแบบที่นิยมใช้มากที่สุด ตั้งแต่เครื่องปรับอากาศแบบหน้าต่าง จนถึงเครื่องส่งลมเย็นขนาดใหญ่ โดยลักษณะของใบยังมีหลายลักษณะ เช่น Forward Curve ซึ่งนิยมใช้มากที่สุด แบบ Backward Curve จะมีราคาแพงขึ้นและมีเสียงดังขึ้น แต่เหมาะกับความดันลมที่สูงขึ้นหรืออากาศที่สกปรก ส่วนแบบ Airfoil ก็มีใช้บ้างในกรณีที่ต้องการความดันสูง แต่มักจะมีเสียงดัง

รูปที่ 2.29 พัดลมหอยโข่ง

2.4.8.3 แบบแอกเซียล (Axial Flow Fan)

มีใบแบบ Airfoil เป็นชนิดที่ให้ปริมาณลมได้มาก แต่ความดันลมปานกลาง และตัวใหญ่จะมีราคาถูกกว่าแบบหอยโข่ง รวมทั้งมีขนาดกะทัดรัดกว่า หากเลือกใช้ได้อย่างถูกต้องจะทำให้ราคาถูก ประสิทธิภาพดี, กะทัดรัด แต่ผู้ขายมักจะเลือกรุ่นที่มีรอบจัด, เสียงดัง, ความดันไม่ดี, ประสิทธิภาพต่ำมาให้ เพราะต้องการแข่งขันราคาจึงมักจะมีปัญหา ดังนั้นผู้ที่จะใช้พัดลมแบบนี้จะต้องมีความรู้มากพอในตอนเลือกรุ่นของพัดลม

ข้อดีอีกประการหนึ่งของพัดลมแบบแอกเซียล ก็คือทางลมเข้าและทางลมออกอยู่ในแกนเดียวกัน จึงทำให้ติดตั้งง่ายกว่า และใช้เนื้อที่น้อยกว่าพัดลมแบบหอยโข่ง ซึ่งทางลมเข้า – ออกทำมุม 90 องศา



รูปที่ 2.30 พัดลมแอกเซียล

อย่างไรก็ตามในระยะหลังนี้ผู้ผลิตพัดลมด้านที่ถนัดทางหอยโข่ง และพยายามผลิตพัดลมแบบใบพัดที่สามารถให้ความดันลมได้สูงขึ้นบ้าง หรือผลิตพัดลมแบบหอยโข่งที่สามารถต่อท่อเข้า – ออก ตามแนวแกนพัดลมได้เลย เพื่อมาสู้กับพัดลมแอกเซียล

การพัฒนาเทคโนโลยีของพัดลมยังไม่สิ้นสุด และมีการผลิตพัดลมลักษณะต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่างๆ กัน

2.4.9 คอมเพรสเซอร์ (Refrigerant Compressor)

คอมเพรสเซอร์ คือหัวใจของเครื่องปรับอากาศ ที่จะทำหน้าที่สูบฉีดสารทำความเย็นให้ไหลเวียนภายในระบบและทำให้สารทำความเย็นมีความดันสูงพอที่จะขับถ่ายความร้อนออกไปทางคอนเดนเซอร์ได้ คอมเพรสเซอร์จึงมีความสำคัญกับค่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศด้วย ยิ่งในปัจจุบันเรื่องการประหยัดไฟเป็นเรื่องที่มีความสำคัญและเป็นจุดขายของเครื่องปรับอากาศ รวมทั้งเรื่องความเงียบของเครื่อง คอมเพรสเซอร์จึงได้รับการพัฒนาให้ประหยัดไฟ, เงียบ และทนทานมากขึ้นคอมเพรสเซอร์ที่นิยมใช้กันมีดังนี้

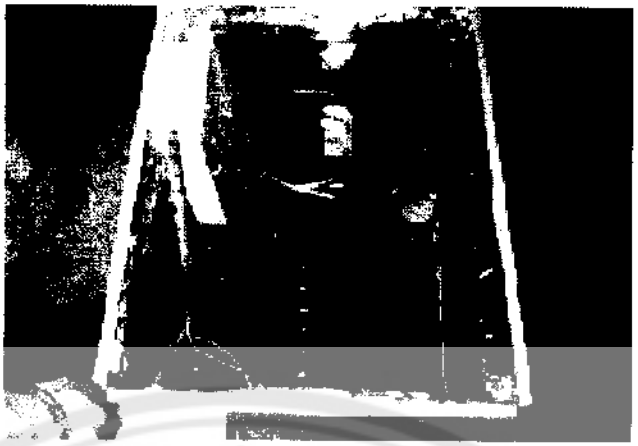
2.4.9.1 คอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ (Reciprocating Compressor)

มีลักษณะโครงสร้างคล้ายๆกับเครื่องยนต์ในรถยนต์ โดยใช้มอเตอร์ในการขับเคลื่อนการทำงานของลูกสูบเพื่อให้ดูดสารทำความเย็นจากอีวาโปเรเตอร์ และจึงส่งไปยังคอนเดนเซอร์ คอมเพรสเซอร์แบบนี้เป็นแบบที่ใช้มาตั้งแต่เครื่องปรับอากาศรุ่นแรก

รูปที่ 2.31 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบ

หากมีโครงสร้างที่มีชุดลูกสูบและมอเตอร์อยู่ภายในกระป๋องเดียวกัน ซึ่งเชื่อมปิดสนิท เรียกว่า Sealed Hermetic Compressor

หากมีโครงสร้างที่สามารถเปิดฝาสูบออกได้ เรียกว่า Semi Hermetic Compressor ซึ่งแบบหลังนี้มักจะใช้ขนาดแรงม้าตั้งแต่ 5 แรงม้าขึ้นไป มีรุ่นที่เป็นปกติและรุ่นที่ประหยัดไฟ (Hi – Eff.) และรุ่นตั้งแต่ 10 แรงม้าขึ้นไปมักจะอุปกรณ์ลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลงได้ โดยการยกลิ้นของลูกสูบขึ้น ที่เรียกว่า Unloader เพื่อช่วยประหยัดไฟ เมื่อภาวะต่ำลง



รูปที่ 2.32 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบลูกสูบภายใน Condensing Unit แบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

2.4.9.2 คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่ (Rotary Compressor)

คล้ายๆ กับแบบลูกสูบ โดยจะมีเฉพาะที่เป็น Sealed Hermetic แต่การสูบฉีดหรืออัดสารทำความเย็นใช้คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่แทบลูกสูบ คอมเพรสเซอร์แบบโรตารี่นี้นิยมใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก เนื่องจากเงียบและมีการสั่นสะเทือนน้อยและมักจะกินไฟน้อยกว่าแบบลูกสูบ เนื่องจากประกอบด้วยชิ้นส่วนจำนวนน้อยกว่า การพัฒนาคอมเพรสเซอร์แบบนี้ถือว่าเป็นการพัฒนาต่อจากแบบลูกสูบ และโรตารี่คอมเพรสเซอร์แบบเดิมมักจะมีขนาดไม่เกิน 3 แรงม้า แต่ Scroll Compressor รุ่นใหม่ๆ จะมีขนาดถึง 5 แรงม้า และอาจจะใหญ่กว่านี้ในอนาคต

2.4.9.3 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู (Screw Compressor)

มักจะใช้กับเครื่องที่มีแรงม้ามากๆ ขนาดเล็กก็จะอยู่ในช่วง 50 แรงม้าขึ้นไป เดิมใช้กันมากในระบบห้องเย็น เนื่องจากสามารถใช้งานที่อุณหภูมิต่ำได้ดี มีความคงทนสูงแต่มีราคาแพง หลังจากที่มีเรื่อง CFC ทำให้คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่งมีปัญหา และมีการใช้สารทำความเย็นที่มีความดันการทำงานสูงกว่าความดันบรรยากาศ (High Pressure Refrigerant เช่น R – 22, R – 134a) แทนการใช้การทำความเย็นที่มีความดันการทำงานต่ำกว่าความดันบรรยากาศ (Low Pressure Refrigerant เช่น R – 11, R – 12) ทำให้มีผู้หันมาใช้สกรูคอมเพรสเซอร์กันมากขึ้น เมื่อมีการผลิตมากขึ้นราคาจึงถูกลงกว่าเดิม และมีการนำสกรูคอมเพรสเซอร์มาใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) มากขึ้นสามารถปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์โดยอาศัยลิ้นเลื่อน (Sliding Valve) เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์ได้ การทำงานมักจะทำงานที่ความเร็วรอบ 2,900 รอบ/นาที

รูปที่ 2.33 คอมเพรสเซอร์แบบสกรู

2.4.9.4 คอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง (Centrifugal Compressor)

มักจะใช้กับเครื่องทำน้ำเย็น (Water Chiller) ขนาดใหญ่ เนื่องจากเป็นคอมเพรสเซอร์ที่สามารถขับเคลื่อนปริมาณสารทำความเย็นได้มาก และมีประสิทธิภาพสูง และหลังจากที่มีปัญหาเรื่อง CFC ไม่นาน ผู้ผลิตเครื่องทำน้ำเย็นขนาดใหญ่ก็ได้ลงทุนออกแบบและพัฒนาคอมเพรสเซอร์แบบนี้ขึ้นมาใหม่ให้สามารถใช้กับสารทำความเย็นใหม่ที่ไม่ใช้ CFC

รูปที่ 2.34 แสดงคอมเพรสเซอร์แบบหอยโข่ง

การปรับลดภาระการทำงานของคอมเพรสเซอร์ อาศัย Inlet Vane ซึ่งเป็นลิ้นที่ขับด้วยมอเตอร์เพื่อควบคุมปริมาณสารทำความเย็นเข้าคอมเพรสเซอร์และช่วยประหยัดพลังงาน เมื่อภาระของเครื่องลดลง การทำงานของใบพัดจะทำงานที่ความเร็วรอบสูงถึง 8000 – 10000 รอบ/นาที จึงต้องมีการทดรอบของมอเตอร์ หากโครงสร้างเป็นชนิดที่มีมอเตอร์อยู่ในเรือนเดียวกัน เรียกว่า Hermetic ซึ่งมักจะนิยมโครงสร้างแบบนี้ หรือในบางกรณีหรือกรณีที่เครื่องมีขนาดใหญ่มาก หรือใช้มอเตอร์ที่ใช้แรงดันไฟฟ้าสูงขึ้น หรือมอเตอร์พิเศษหรือใช้เครื่องยนต์ขับก็อาจจะให้มอเตอร์อยู่นอกเรือน ซึ่งเรียกว่า Open Type บางรุ่นอาจจะออกแบบให้มีใบพัดทำงานต่อกันหลายชุด เรียกว่า Multi – Stage โดยประกอบกับชุดระบายความร้อนระหว่างชุดใบพัด (Intercooler) ก็จะทำให้ได้คอมเพรสเซอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง และอาจจะทำงานที่ความเร็วรอบลดลงได้

2.5 ภาระทำความเย็นของห้อง (Cooling Load)

การคำนวณหาขนาดของเครื่องปรับอากาศนั้น เป็นสิ่งสำคัญมากอันดับหนึ่ง การที่จะปรับสภาพอากาศภายในห้องให้เหมาะสมกับร่างกายมนุษย์คือ ประมาณ 72 – 78 F,DB ได้นั้นขนาดของเครื่องปรับอากาศจะต้องพอดีกับโหลดความร้อน หรือภาระความร้อน (Heat Load) ที่มีอยู่ในห้อง ภาระความร้อนซึ่งโดยทั่วไปเรียกว่าโหลดความร้อนนั้นจะวัดเป็นปริมาณความร้อนต่อระยะเวลา คือ BTU/hr หรือ kcal/hr โดยที่สามารถคำนวณค่าความร้อนได้จากหลายๆ ส่วนดังนี้

2.5.1 ความร้อนเนื่องจากการนำ (Conduction Heat Load)

เป็นความร้อนที่จะไหลจากภายนอก ซึ่งมีอุณหภูมิสูงกว่าภายใน ผ่านผนัง (Wall), หลังคา (Roof), หน้าต่าง (Window), และพื้น (Floor) เป็นปริมาณความร้อนที่จะไหลเข้ามาภายในห้อง แบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ

2.5.1.1 การนำความร้อนจากโครงสร้างภายนอก (Conduction Through Exterior Structure)

เป็นการนำความร้อนจากโครงสร้างที่ติดกับสภาพแวดล้อมโดยทั่วไป ซึ่งสามารถหาค่าความร้อนได้จาก

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

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (BTU/hr)

U = แฟคเตอร์ของวัสดุที่ใช้ทำผนัง (BTU/hr-ft^2-F) ได้จากตาราง จ.4

A = พื้นที่ของผนัง หลังคา กระจก (ft^2)

$CLTDc$ = อุณหภูมิแตกต่างภาระความเย็นที่ปรับแก้ (F)

ซึ่งค่า CLTDc นั้นหาได้จาก

$$CLTDc = CLTD + LM + (78 - t) + (t - 85) \quad (2.2)$$

โดยที่ CLTD = อุณหภูมิแตกต่าง (F), ได้จากตาราง จ.1, จ.2, จ.3 และ จ.6

LM = ละติจูดปรับแก้, ได้จากตาราง จ.5

t_R = อุณหภูมิห้อง (F)

t_a = อุณหภูมิเฉลี่ยภายนอก (F)

2.5.1.2 การนำความร้อนจากโครงสร้างภายใน (Conduction Through Interior Structure)

เป็นการนำความร้อนจากโครงสร้างที่ติดกับห้องที่ต้องการทำความเย็นเหมือนกัน ซึ่งสามารถหาค่าความร้อนได้จาก

$$Q = U \times A \times TD \quad (2.3)$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (BTU/hr)

U = แฟคเตอร์ของวัสดุที่ใช้ทำผนัง (BTU/hr-ft^2-F) ได้จากตาราง จ.4

A = พื้นที่ของผนัง หลังคา กระจก (ft^2)

TD = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างห้อง (F)

ซึ่ง TD นี้โดยทั่วไปจะกำหนดให้อุณหภูมิระหว่างห้องออกแบบและห้องข้างๆ ที่ติดกันนั้นอยู่ที่ 5F ดังนั้น TD ที่ใช้นี้จึงใช้เท่ากับ 5F

2.5.2 ความร้อนเนื่องจากการแผ่รังสีของกระจก (Solar Radiation Through Glass)

แสงแดดที่ส่องมาถูกผนังและกระจก มีผลทำให้ภาระความร้อนเพิ่มขึ้นภายในห้อง โดยที่การแผ่รังสีของแดดผ่านทางกระจกซึ่งจะมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ

1. ทิศที่แสงแดดส่องถูกกระจก
2. สีของกระจกที่ถูกแดดส่อง
3. การบังเงาที่เกิดขึ้นภายในห้องที่มีกระจก

ซึ่งการคำนวณหาภาระความร้อนที่เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีความร้อนของแดดสามารถคำนวณได้จาก

$$Q = SHFG \times A \times SC \times CLF \quad (2.4)$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (BTU/hr)

SHFG = ค่าของการแผ่รังสีสูงสุดของแดด (BTU/hr-ft^2), ได้จากตาราง จ.8

A = พื้นที่ของกระจก (ft^2)

SC = Shading coefficient, ได้จากตาราง จ.7

CLF = cooling load factor สำหรับกระจก, ได้จากตาราง จ.9, จ.10 และ จ.11

2.5.3 ภาระความร้อนเนื่องจากหลอดไฟ (Lighting)

สถานที่ทุกแห่งต้องมีหลอดไฟเพื่อให้แสงสว่าง และขณะเดียวกันก็จะมีภาระความร้อนเนื่องจากหลอดไฟเพิ่มขึ้นมาด้วยโดยสามารถคำนวณได้จาก

$$Q = 3.4 \times W \times BF \times CLF \quad (2.5)$$

โดยที่ Q = ค่าความร้อน (BTU/hr)

W = ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้า (W)

BF = ballast factor

CLF = cooling load factor สำหรับหลอดไฟ

ซึ่งค่า BF ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ คือ 1.25

ของหลอดไฟธรรมดา คือ 1

2.5.4 ภาระความร้อนเนื่องจากบุคคล (People)

ภาระความร้อนจากบุคคลที่อยู่ในห้องปรับอากาศมีอยู่ 2 ชนิด คือ ความร้อนรู้สึก หรือความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และความร้อนแฝง (Latent Heat) ซึ่งออกมาในลักษณะของการละเหยจากเหงื่อ และลมหายใจ ความร้อนของแต่ละคนไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับการกระทำของคนที่อยู่ภายในห้องปรับอากาศนั้นๆ สามารถคำนวณได้จาก

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

$$Q_l = q_l \times n \quad (2.7)$$

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

q_S, q_l = Sensible and Latent heat gains ต่อคน, ได้จากตาราง จ.12

n = จำนวนคน

CLF = cooling load factor สำหรับคน

2.5.5 ภาระความร้อนเนื่องจากการระบายอากาศ (Ventilation)

โดยปกติห้องปรับอากาศโดยทั่วไป จะต้องให้มีอากาศบริสุทธิ์ (Fresh Air) จากภายนอกหมุนเวียนเข้ามาภายในห้องบ้าง และอากาศเสียภายในห้องจะต้องถูกดูดทิ้งไปภายนอก ดังนั้นอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกจะต้องมีอุณหภูมิสูงกว่าจะทำให้มีภาระความร้อนเพิ่มขึ้น การทำให้เกิดการระบายอากาศ ทำได้หลายอย่างเช่น การเปิด - ปิดประตูบ่อยๆ จะทำให้อากาศภายนอกเข้าห้อง หรือถ้าเป็นห้องที่มีการสูบบุหรี่มากๆ เราก็ต้องติดพัดลมดูดอากาศเพื่อระบายควันบุหรี่ออกทิ้งซึ่ง โดยทั่วไปแล้วภาระความร้อนเนื่องจากการระบายอากาศนี้สามารถคำนวณได้จากสมการ

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

$$Q_l = 0.68 \times CFM \times (W_o - W_i) \quad (2.9)$$

โดยที่ Q_S, Q_l = Sensible and Latent cooling Load จากการระบายอากาศ (BTU/hr)

CFM = อัตราการระบายอากาศ (ft/min), ได้จากตาราง จ.13

TC = อุณหภูมิแตกต่างระหว่างการระบายอากาศ

$(W_o - W_i)$ = อัตราส่วนความชื้นสัมผัสภายนอกและภายใน (grw./lb d.a)

2.5.6 ภาระความร้อนรวม (Total Heat Load)

คือการนำภาระความร้อนที่ได้จากการนำ, การแผ่รังสีของแสงอาทิตย์, หลอดไฟแสงสว่าง, ความร้อนเนื่องจากบุคคล และความร้อนเนื่องจากการระบายอากาศ มารวมกันก็จะได้ความร้อนรวมของห้อง แต่ในทางปฏิบัติแล้วต้องเพิ่มค่าความร้อนที่ได้อีกประมาณ 25% ของภาระความร้อนรวมที่ได้ กล่าวคือ เมื่อได้ภาระความร้อนรวมของห้องต่างๆ แล้วก็จะสามารถหาเครื่องปรับอากาศให้ได้ตามขนาดของภาระความร้อนที่ต้องการเพื่อให้เกิดความเย็นสบายของผู้พักอาศัย

2.6 เครื่องสูบน้ำ (Water Pump)

เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สร้างความดันให้กับของเหลว เพื่อเอาชนะความต้านทางการไหล การไหลในระบบท่อ สามารถสรุปการเลือกเครื่องสูบน้ำสำหรับงานประเภทต่างๆ ดังนี้

1. เครื่องสูบน้ำประเภท Reciprocating Pump มีราคาค่อนข้างสูง และยากต่อการบำรุงรักษาเครื่องสูบน้ำแบบนี้นิยมใช้กับงานที่ต้องการสูบน้ำขึ้นสูงมากๆ และน้ำต้องมีลักษณะใสไม่มีตะกอน
2. เครื่องสูบน้ำประเภท Rotary Pump มีราคาค่อนข้างถูก และง่ายต่อการบำรุงรักษาเมื่อเทียบกับเครื่องสูบน้ำประเภท Reciprocating Pump โดยมากนิยมใช้กับงานที่มีขนาดเล็กคือ มีอัตราสูบต่ำต้องการสูบน้ำขึ้นไม่สูงและน้ำต้องมีลักษณะใสด้วยดังนั้นจึงนิยมใช้กับงานระบบประปาขนาดเล็ก
3. เครื่องสูบน้ำแบบหอยโข่ง (Centrifugal Pump) เป็นเครื่องสูบน้ำที่นิยมกันมาก ซึ่งในระบบปรับอากาศส่วนใหญ่ก็จะใช้เครื่องสูบน้ำประเภทนี้ เครื่องสูบน้ำชนิดนี้เป็นแบบที่สร้างแรงดันโดยวิธีแรงหนีศูนย์กลาง มีความแข็งแรง ทนทานมีประสิทธิภาพสูง สามารถสูบน้ำด้วยอัตราสูบที่มาก สูบน้ำขึ้นได้สูงและสามารถสูบน้ำที่มีตะกอนได้

การเลือกขนาดเครื่องสูบน้ำนั้นสามารถเลือกได้จากการหากำลังงานที่ต้องการเครื่องสูบน้ำดังสมการ

$$kW_{PumP} = \frac{GPM(H)}{5308(\eta p)} \qquad (2.10)$$

โดยที่ kW_{pump} = กำลังงานที่ใส่ให้แก่ปั๊ม (kW)
GPM = อัตราการไหลที่ต้องการ (GPM)
H = ความดันภายในท่อ ($ft_{น้ำ}$)
η_p = ประสิทธิภาพของปั๊ม (70%)

ซึ่งสามารถหาอัตราการไหลของน้ำเย็นได้จากสมการ

$$GPM = \frac{24Ton}{\Delta T} \qquad (2.11)$$

โดยที่ GPM = อัตราการไหลที่ต้องการของแต่ละชั้น (GPM)
Ton = ภาระความร้อนที่ต้องการปรับอากาศแต่ละชั้น
ΔT = อุณหภูมิแตกต่างของเครื่องทำน้ำเย็นปกติเท่ากับ 10F

2.7 แฟนคอยล์ยูนิท (Fan Coil Unit)

แฟนคอยล์ยูนิท หรือเครื่องปลายทาง (Terminal Unit) หรือ AHU จะติดตั้งภายในห้อง ภายในเครื่องมีขดท่ออยู่ภายในกล่องเล็กๆ น้ำเย็นหรือน้ำร้อนจะไหลภายในท่อนี้ อากาศในห้องจะถูกดูดเข้าไปในเครื่องแล้วจะถูกทำให้เย็นหรือร้อน โดยขดท่อ แล้วหมุนเวียนไปในห้องปรับอากาศอีกครั้ง

2.7.1 ส่วนประกอบหลักของแฟนคอยล์ยูนิต

1. คอยล์เย็น (Cooling Coil) ปกติคอยล์ทำความเย็นมักทำด้วยท่อทองแดงติดครีบอะลูมิเนียมแต่บางครั้งอาจติดครีบทองแดงก็ได้ คอยล์ชนิดนี้มักขดทบไปมา ครีบจะช่วยเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้น ดังนั้นจึงสามารถถ่ายเทความร้อนต่อความยาวท่อได้มากขึ้น การต่อท่อในคอยล์อาจต่อแบบลำดับหรือแบบขนานเพื่อลดความดันตกของน้ำก็ได้ ในกรณีที่คอยล์ทำความเย็นมีจำนวนแถวหลายแถว มักจัดให้อากาศและน้ำไหลสวนทางกัน

2. กรองอากาศ (Air Filter) แผ่นกรองอากาศเป็นตาข่ายที่ประกอบด้วยเส้นใยหยาบๆ ที่สามารถป้องกันไม่ให้ขดท่ออากาศสกปรก มีความต้านทานต่อการไหลของอากาศน้อยและสามารถทำความสะอาดได้ง่าย0.

3. พัดลม (Fan) ในระบบปรับอากาศมักจะใช้พัดลมเซนตริฟูกอล (Centrifugal Fan) สำหรับส่งลมและดูดลมกลับ พัดลมจะป้อนพลังงานให้กับอากาศ โดยการทำให้ใบพัดของพัดลมหมุน ซึ่งจะเกิดแรงกระทำต่ออากาศ ทำให้อากาศไหลและมีความดันเพิ่มขึ้น

4. มอเตอร์ (Motor) เป็นต้นกำลังสำหรับพัดลมให้สามารถส่งลมและดูดลมกลับได้

2.8 ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

เครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าที่สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูงมาก ดังนั้นการเลือกซื้อเครื่องปรับอากาศ จึงควรคำนึงถึงค่าประสิทธิภาพ การใช้พลังงานโดยพิจารณาได้จาก

1. ฉลากประหยัดไฟ ให้ข้อมูลที่ชัดเจนทั้งในด้านประสิทธิภาพ การใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ต้องจ่ายเป็นปี
2. Energy Efficiency Ratio (EER) เป็นค่าแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ ควรเลือกปรับอากาศที่มีค่า EER เท่ากับ 10.6 หรือมากกว่า ค่า EER ยิ่งสูงยิ่งประหยัด