บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานโครงการ

2.1 ทฤษฎีและหลักการ

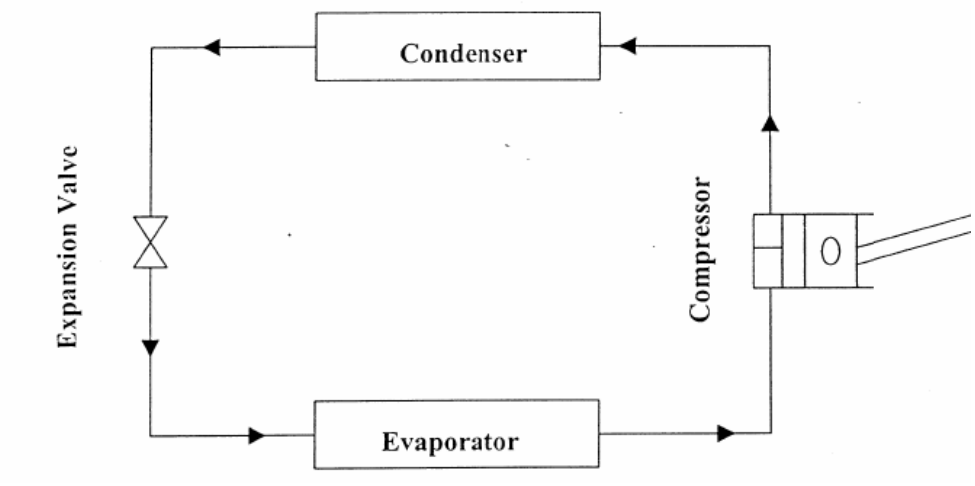
ในปัจจุบันเครื่องปรับอากาศกลายเป็นอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสบาย ที่สำคัญที่มักจะพบได้ตามบ้านพักอาศัยหรืออาคารร้านค้าต่างๆ เพิ่มมากขึ้นทุกวัน โดยเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่ที่นิยมใช้จะเป็นเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ระบายความร้อนด้วยอากาศ ซึ่งมีขนาดเล็กติดตั้งและบำรุงรักษาง่ายเมื่อเทียบกับระบบปรับอากาศแบบอื่นๆ ซึ่งระบบปรับอากาศแบบแยกส่วนนี้มีข้อเสียที่ประสิทธิภาพต่ำกว่าและใช้กำลังไฟฟ้ามากกว่าเมื่อเทียบกับขนาดการทำความเย็นที่ได้ แต่เนื่องจากมีราคาที่ถูกกว่าและไม่ต้องการพื้นที่ในการติดตั้งมาก ตลอดจนง่ายต่อการบำรุงรักษา จึงเป็นที่นิยมกันแพร่หลาย

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ ส่วนของชุดเป่าลมเย็น (Fan Coil Unit) และส่วนชุดควบแน่น (Condensing Unit) โดยส่วนของชุดเป่าลมเย็น (Fan Coil Unit) เป็นส่วนการทำความเย็นที่ติดตั้งภายในห้องปรับอากาศ ประกอบด้วย ขดการทำความเย็น อุปกรณ์ลดความดัน และมอเตอร์หมุนพัดลมซึ่งทำหน้าที่ทำให้อากาศผ่านขดทำความเย็น

ส่วนชุดควบแน่น (Condensing Unit) เป็นส่วนที่ใช้ในการระบายความร้อนทิ้ง ประกอบด้วย อุปกรณ์ควบแน่น และเครื่องอัดไอ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 75-85% ของไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

2.1.1 ระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ (Vapor Compression Refrigeration System)

เครื่องทำความเย็นโดยระบบอัดไอ และระบายความร้อนด้วยอากาศสำหรับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน มีส่วนประกอบหลักสำคัญดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แผนภาพแสดงส่วนประกอบที่สำคัญในระบบปรับอากาศ

1. การอัด (Compression)

เครื่องอัดไอจะทำหน้าที่ดูดเอาไอของสารทำความเย็นที่กำลังระเหยในคอยล์เย็น เข้าไปในกระบอกสูบ เพื่อทำให้ความดันในคอยล์เย็นมีความดันต่ำอยู่เสมอ และจะทำให้อุณหภูมิระเหยของสารทำความเย็นต่ำลง ขณะเดียวกันเครื่องอัดไอก็จะทำการอัดไอของสารทำความเย็น โดยอัดไอของสารทำความเย็นให้มีความดันสูง เพื่อให้อยู่ในสภาวะที่จะทำให้สารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวได้ง่าย ซึ่งไอของสารทำความเย็นนี้จะกลายสภาพเป็นของเหลวอีกครั้ง เมื่อมีการระบายความร้อนออกที่แผงระบายความร้อน พลังงานที่จะต้องใช้ในการอัดไอมาจากมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ขับเครื่องอัดไอ และพลังงานดังกล่าวจะถ่ายเทให้กับสารทำความเย็นขณะถูกอัด ปริมาณของสารทำความเย็นที่ไหลเวียนอยู่ในวัฏจักรการทำความเย็นนั้น จะขึ้นอยู่กับปริมาณของไอสารทำความเย็น ที่ถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัดไอ

2. การควบแน่น (Condensation)

ไอของสารทำความเย็นที่มีความดันและอุณหภูมิสูง ที่ไหลออกมาจากเครื่องอัดไอนั้น จะถูกเปลี่ยนสถานะให้เป็นของเหลวได้ โดยการทำให้ไอของสารทำความเย็นนั้น เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิควบแน่น หรืออีกในหนึ่งก็คือไอสารทำความเย็นระบายความร้อนสัมผัส และความร้อนแฝงของการควบแน่น ให้กับอากาศที่ไหลผ่านแผงระบายความร้อน อากาศที่ไหลผ่านนี้ จะได้รับความร้อน และจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น ในขณะที่สารทำความเย็นจะเปลี่ยนสถานะจากไอเป็นของเหลว สารทำความเย็นจะอยู่ในสภาวะทั้งเป็นไอ และเป็นของเหลวปนกัน ส่วนความดันควบแน่นและอุณหภูมิควบแน่นจะคงที่ ดังนั้นอุณหภูมิควบแน่น อาจจะหาได้จากการวัดความดันควบแน่น

ปริมาณความร้อนที่ระบายออกจากแผงระบายความร้อนนั้น จะมีค่าเท่ากับผลบวกของความร้อนที่คอยล์เย็นดูดจากอากาศ (ความสามารถในการทำความเย็น) และความร้อนจากงานที่ทำการอัดไอ (เปลี่ยนเป็นความร้อน) เมื่อไอของสารทำความเย็นกลายสภาพเป็นของเหลวในแผงระบายความร้อนหมดแล้ว ก็จะไหลผ่านท่อคาปิลารี่ ที่สภาวะก่อนไหลเข้าท่อคาปิลารี่นี้ ในทางปฏิบัตินิยมให้สารทำความเย็นก่อนไหลเข้าท่อคาปิลารี่ มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว หรือที่เรียกว่าอุณหภูมิเย็นเยือก (Degree of Sub-cooling) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความเย็น

3. การระเหย (Evaporation)

เมื่อสารทำความเย็นเหลวจากแผงระบายความร้อนถูกลดความดันลง และเมื่อไหลผ่านท่อคาปิลารี่ เข้าไปในท่อของคอยล์เย็น สารทำความเย็นเหลว จะระเหยกลายเป็นไอขณะที่ไหลไปตามท่อ และดูดเอาความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ จากอากาศที่อยู่รอบๆ ท่อ สารทำความเย็นเหลวจะค่อยๆ ระเหยในขณะที่ไหลผ่านตามขดท่อจนกระทั่งกลายเป็นไอหมด ในขณะที่สารทำความเย็นเหลวระเหยจะมีสารทำความเย็นทั้งที่เป็นของเหลวและไอปะปนกัน ที่สภาวะเช่นนี้ความดันและอุณหภูมิระเหยจะมีค่าคงที่ ดังนั้น อุณหภูมิระเหยจึงหาได้จากการวัดความดันในท่อของคอยล์เย็นส่วนไอของสารทำความเย็นในขดท่อปลายสุดของคอยล์เย็น ในทางปฏิบัติจะทำให้มีอุณหภูมิสูงกว่าไออิ่มตัว หรืออุณหภูมิร้อนยิ่งยวด (Degree of Superheat) ก่อนที่จะถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัดไอ ส่วนอากาศที่อยู่โดยรอบท่อของคอยล์เย็นนั้น เมืออุณหภูมิเย็นลงจนถึงหรือต่ำกว่าอุณหภูมิจุดน้ำค้าง ไอน้ำในอากาศจะควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำ เมื่อมากขึ้นหยดน้ำเหล่านี้จะหยดลงในถาดและถูกระบายทิ้งไป

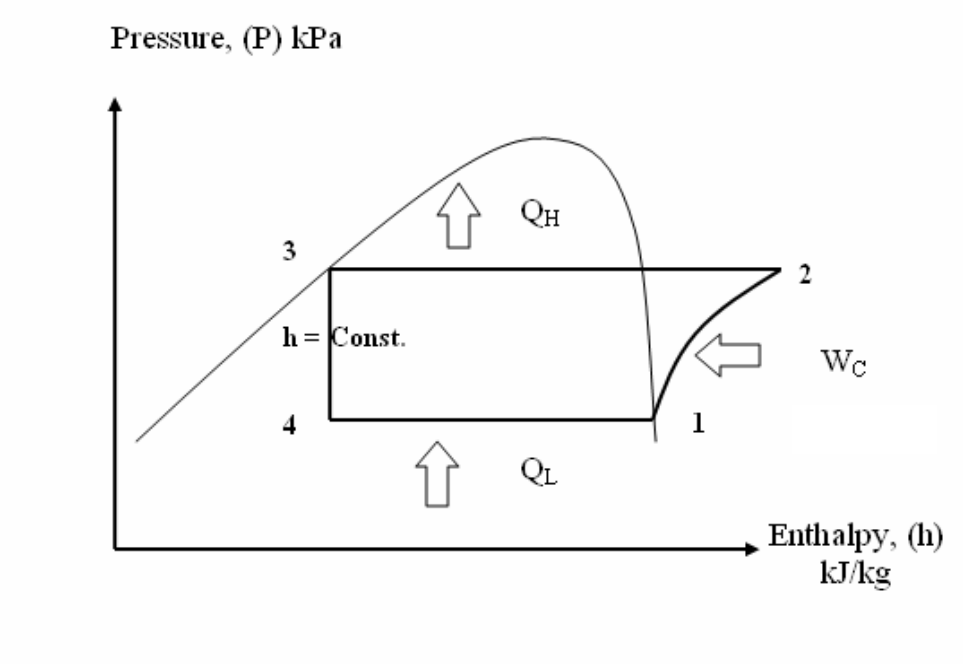
4. การขยายตัว (Expansion)

อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับลดความดันของสารทำความเย็นเหลว ในแผงระบายความร้อน ให้มีความดันต่ำตามต้องการในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กส่วนใหญ่ คือท่อคาปิลารี่ ซึ่งจะมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน และความยาวที่จะทำให้ความแตกต่างของความดัน ระหว่างความดันควบแน่นและความดันระเหยได้ตามต้องการ และให้ปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลวนตามที่ต้องการด้วย

เมื่อสารทำความเย็นเหลวจากแผงระบายความร้อน ไหลผ่านท่อคาปิลารี่ ความดันจะลดลง และสารทำความเย็นจะขยายตัวเป็นแบบ Throttling process สารทำความเย็นเหลวที่มีความดันต่ำดังกล่าวจะไหลเข้าไปในคอยล์เย็น และดูดเอาความร้อนจากอากาศรอบๆ และระเหยกลายเป็นไอจนมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว วัฏจักรดังกล่าวข้างต้นจะดำเนินเช่นนี้ซ้ำๆ กันตลอดไป [17]

2.1.2 วัฏจักรมาตรฐานของการทำความเย็นแบบอัดไอ (Standard Vapor Compression Refrigeration Cycle)

สำหรับวัฏจักรมาตรฐานของการทำความเย็นแบบอัดไอ สามารถแสดงแทนด้วย แผนภูมิความดัน-เอนทาลปี ดังแสดงรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภูมิความดัน- เอนทาลปีของวัฏจักรของการทำความเย็นแบบอัดไอ

1. เครื่องอัด เป็นเครื่องดูดและอัดไอสารความเย็นมีการไหลสม่ำเสมอแบบอะเดียบาติกที่ย้อนกลับได้หรือไอเซนโทรพิคคิดไอของสารทำความเย็น1 kg งานที่ต้องใช้ในการอัดไอสารทำความเย็น 1 kg หาได้ดังนี้

$$W_c = (h_2 - h_1) \quad (2.1)$$

เมื่อ Wc คือ งานที่ให้แก่เครื่องอัด (kJ/kg)

h_1 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนที่จะเข้าไปในเครื่องอัด (kJ/kg)

h_2 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นก่อนที่ออกจากเครื่องอัด (kJ/kg)

2. เครื่องควบแน่น เป็นกระบวนการไหลแบบสม่ำเสมอการหล่อเย็นกระทำที่ความดันคงที่ความร้อนที่คายให้กับเครื่องควบแน่นหาได้ดังนี้

$$_2q_3 = (h_3 - h_2) = -(h_2 - h_3) \quad (2.2)$$

เมื่อ $_2q_3$ คือ ความร้อนที่ไอของสารทำความเย็นคายให้กับตัวกลางหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น (kJ/kg)

h_3 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่น (kJ/kg)

3. ทรอทเทิ้นวาล์ว เป็นกระบวนการขยายตัวแบบสม่ำเสมอที่ผ่านทรอทเทิ้นวาล์ว เป็นกระบวนการเอนทาลปีคงที่ไม่มีงาน หรือการถ่ายเทความร้อนในกระบวนการนี้แทนด้วยจุด 3-4 บน P-h ไดอาแกรมเป็นเส้นในแนวดิ่ง เพื่อแสดงให้เห็นว่า $h_3 = h_4$

4. อีวาโพเรเตอร์ ปริมาณความร้อนที่สารทำความเย็น 1 กิโลกรัม ดูดเอาไว้ในขณะที่ไหลผ่านอีวาโพเรเตอร์จุด 4-1

$$q_e = {}_4q_1 = (h_1 - h_4) \tag{2.3}$$

เมื่อ ${}_4q_1$ คือ ความร้อนที่สารทำความเย็นดูดเอาไว้ในอีวาปโพเรเตอร์ (kJ/kg)

h_4 คือ เอนทาลปีของไอสารทำความเย็นก่อนที่จะเข้าไปในอีวาโพเรเตอร์ (kJ/kg)

h_1 คือ เอนทาลปีของสารทำความเย็นที่ออกจากอีวาปโพเรเตอร์ (kJ/kg)

ในการวิเคราะห์นี้ ไม่ได้คิดความสูญเสียความดันและเอนทาลปีที่เกิดขึ้นจากการไหลในท่อ ดังนั้นประสิทธิภาพของการทำความเย็น (COP) เท่ากับ ความร้อนที่สารทำความเย็นดูดไว้ในขณะไหลผ่านอีวาปโพเรเตอร์ต่องานที่เครื่องอัดใช้ [6]

$$\therefore \text{COP} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \tag{2.4}$$

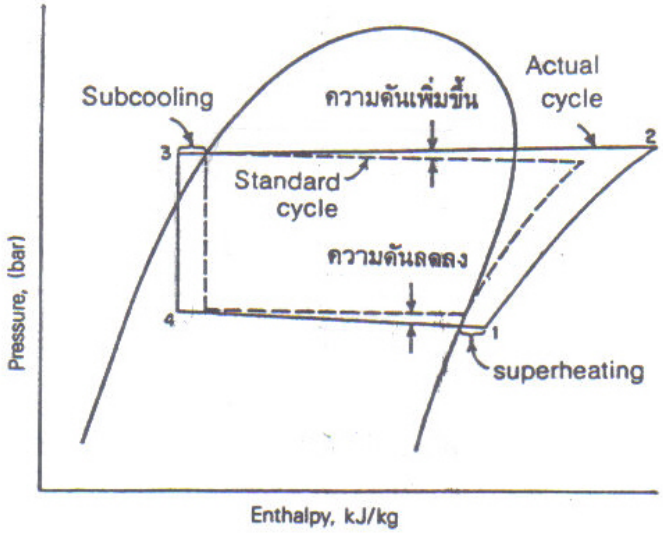
2.1.3 วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็นแบบอัดไอ (Actual Vapor Compression Refrigeration Cycle)

สิ่งสำคัญที่ทำให้วัฏจักรทางปฏิบัติของการทำความเย็นชนิดอัดไอแตกต่างจากทางทฤษฎีดังต่อไปนี้

1. อุณหภูมิของสารทำความเย็นในเครื่องควบแน่นถูกทำให้อุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว (Subcooled Liquid) ก่อนที่จะผ่านเข้าไปในวาล์วขยายตัว (Expansion Valve) เพื่อให้ค่าการทำความเย็น (Refrigerating Effect, RE) ต่อกิโลกรัมของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้น

2. ไอของสารทำความเย็นจะเป็นไอร้อนยิ่งยวดก่อนที่จะเข้าไปในเครื่องอัด เป็นค่าการทำความเย็นต่อกิโลกรัมของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นอีก

3. ในทางทฤษฎี การอัดไอสารทำความเย็นเป็นแบบไอเซนโทรพิค แต่ในทางการปฏิบัติยุ่งยากมากและไม่สามารถทำได้ และความดันในช่วงการอัดตัวนี้จะแตกต่างจากอีวาปโพเรเตอร์และเครื่องควบแน่นโดยความดันก่อนการอัดตัวจะลดลง เนื่องจากเกิดความสูญเสียในขณะผ่านท่อ และไอของสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดจะสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากความร้อนที่ไอของสารทำความเย็นดูดไว้จากผนังเสื้อสูบในจังหวะดูดทำให้อุณหภูมิและความดันสูงขึ้น ดังรูปที่ 2.3 [6]

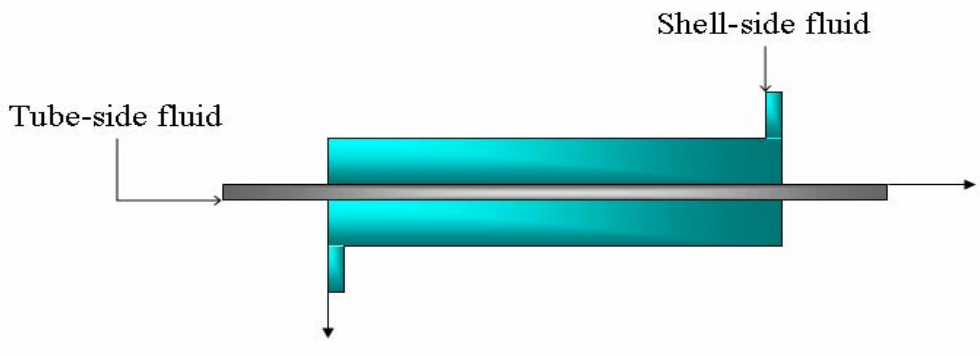


รูปที่ 2.3 เปรียบเทียบวัฏจักรทางจินตนาการ และทางปฏิบัติของการทำความเย็นโดยการอัดไอบนแผนภูมิความดัน-เอนทาลปี

2.1.4 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

คำนิยามของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้ในอุตสาหกรรม หมายถึง เครื่องมือใดๆ ที่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างของไหลที่มีระดับพลังงานความร้อน (อุณหภูมิ) แตกต่างกัน 2 ชนิด ผ่านผนังกั้นระหว่างของไหลทั้งสอง ในการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน สิ่งแรกที่จะต้องศึกษาคือ คุณสมบัติของไหลที่ใช้ จากนั้นจึงทำการเลือกเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสมกับจุดประสงค์และเงื่อนไขของการใช้มากที่สุด

2.1.5 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ



รูปที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบ เชลล์และท่อ

อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อ เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้กันกว้างขวางที่สุด ในกระบวนการอุตสาหกรรมเคมีเพราะไม่ถูกจำกัดโดยอุณหภูมิและความดันที่จำต้องใช้ในอุตสาหกรรมและสามารถใช้กับงานทุกชนิดตั้งแต่การระเหย (Evaporation) การเพิ่มความร้อน การระบายความร้อนจนกระทั่งควบแน่น (Condensation) ยิ่งกว่านั้นยังมีคุณสมบัติเฉลี่ยดีเยี่ยมในแง่ของการผลิต การบำรุงรักษาและราคา

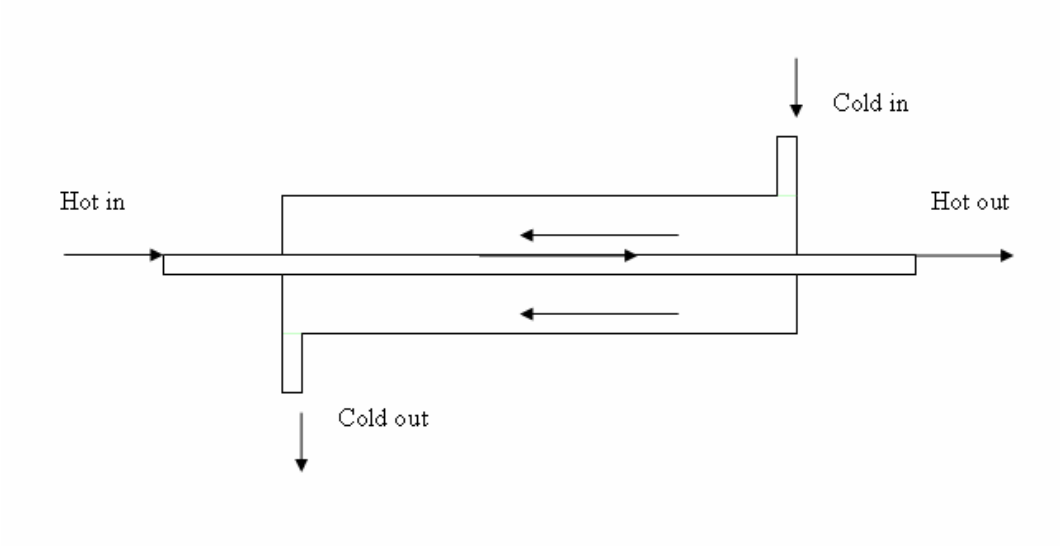
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อแบ่งออกได้เป็น 2 จำพวกใหญ่ๆ คือ จำพวกท่อในแนวระดับและจำพวกท่อในแนวดิ่ง เครื่องจำพวกท่อในแนวระดับเป็นแบบธรรมดาที่สุด ในกรณีที่บริเวณท่อที่บังคับให้ท่อถ่ายเทความร้อนตั้งอยู่ในแนวดิ่งเท่านั้น จึงจะใช้เครื่องจำพวกท่อในแนวดิ่ง เนื่องจากค่าสูญเสียความดันของเครื่องจำพวกท่อในแนวดิ่งที่ของไหลไหลผ่านเพียงเที่ยวเดียว (Single Pass) มีน้อย เครื่องจำพวกนี้จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นเครื่องระเหย (Evaporator) เครื่องควบแน่น (Condenser) และเครื่องต้มซ้ำแบบกาลักน้ำเชิงความร้อน (Thermosyphon Type Reboiler)

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อยังแบ่งตามโครงสร้างออกได้เป็นชนิดใหญ่ๆ 3 ชนิดคือ ชนิดแผ่นยึดท่ออยู่กับที่ ชนิดท่อรูปตัว U และชนิดหัวลอย [4]

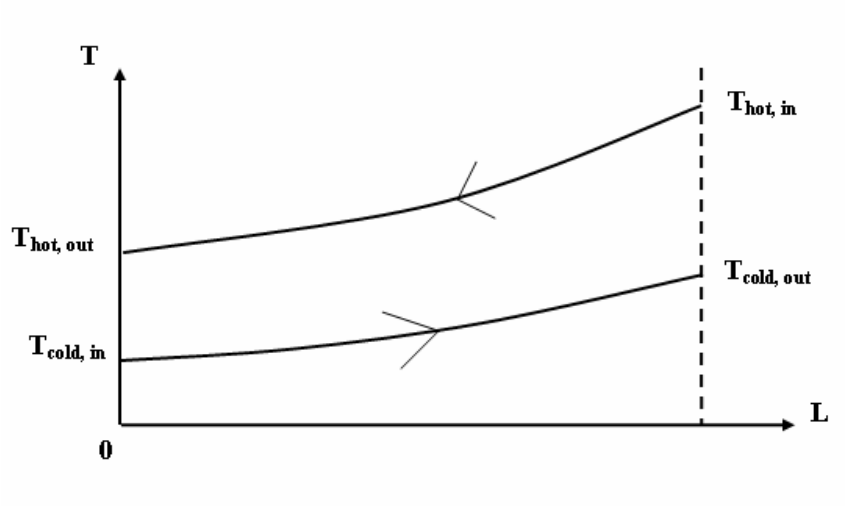
2.1.6 การถ่ายเทความร้อนแบบไหลสวนทาง (Counter Flow)

การถ่ายเทความร้อนแบบการไหลสวนทาง (Counter Flow) เป็นการไหลในลักษะที่ของไหลอุณหภูมิต่ำและของไหลอุณหภูมิสูงไหลเข้าในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน มีการไหลในทิศทางที่ตรงข้ามกันหรือการไหลแบบสวนทางนั่นเองแสดงดังรูปที่ 2.5

การไหลแบบสวนทางกันจะมีการถ่ายเทความร้อนที่ดีและอาจส่งผลให้อุณหภูมิที่ทางออกของของไหลอุณหภูมิต่ำสูงกว่าอุณหภูมิทางออกของของไหลอุณหภูมิสูงได้ [9]



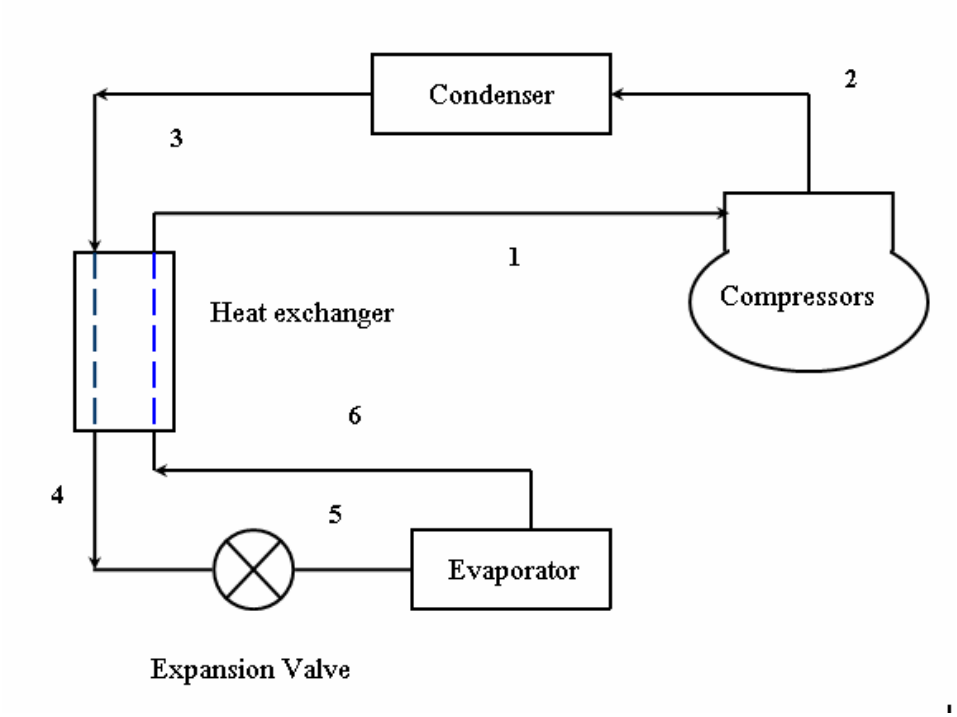
รูปที่ 2.5 แสดงอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อแบบไหลสวนทาง (Counter Flow)



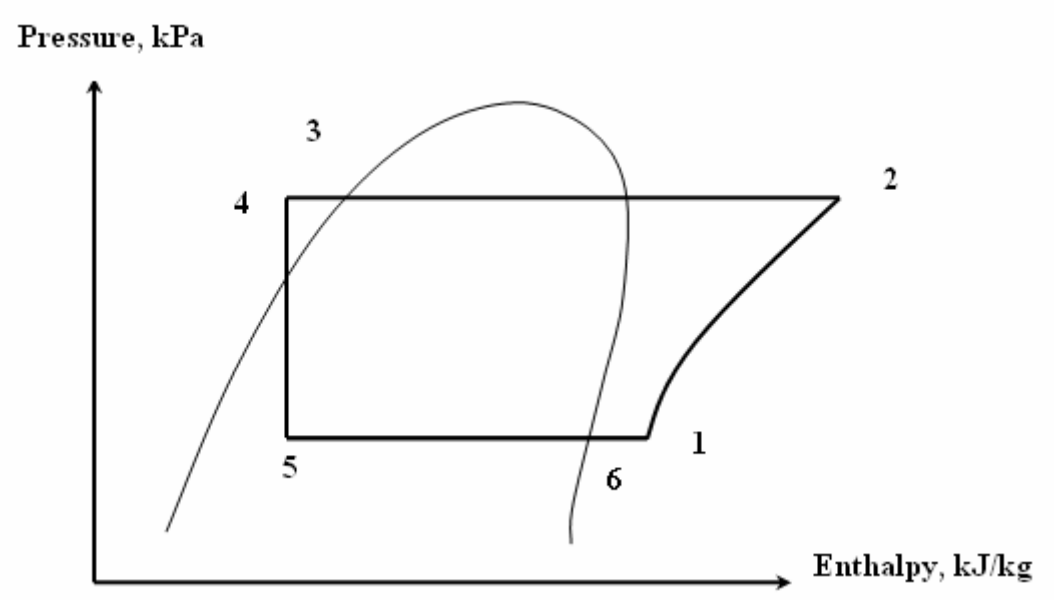
รูปที่ 2.6 แสดงการกระจายตัวของอุณหภูมิในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนชนิดไหลสวนทาง (Counter Flow)

2.1.7 อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อดูดและท่อของเหลวในระบบปรับอากาศ

ในระบบทำความเย็นบางระบบ จะให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อนแบบ Liquid to Suction คือ จะพยายามทำ Subcool ของเหลวที่ออกจากคอนเดนเซอร์ ด้วยไอด้านดูดที่มาจากเครื่องระเหย (Evaporator) ดังแสดงในรูปที่ 2.7 และรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.7 Refrigeration System with a Heat Exchanger to Subcool the Liquid from the Condenser



รูปที่ 2.8 P-h Diagram of the System using a Heat Exchanger

ของเหลวอิ่มตัวออกจากคอนเดนเซอร์ที่จุด 3 จะถูกทำให้เย็นลงไปที่จุด 4 ขณะเดียวกันไอสารที่จุด 6 ก็จะถูกทำให้ร้อนขึ้นเป็นจุด 1 จากสมการสมดุลความร้อนจะได้ว่า $h_3-h_4 = h_1-h_6$ ดังนั้นค่าการทำความเย็นจึงเท่ากับ h_6-h_5 หรือ h_1-h_3 [1]

2.2 รายงานการศึกษาที่เกี่ยวข้อง

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อนำมาออกแบบขนาดของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนที่ติดตั้งในระบบปรับอากาศ เพื่อต้องการใช้ในการศึกษาและการปรับปรุงสัมประสิทธิ์สมรรถนะด้วยการใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างท่อดูดและท่อของเหลวของระบบปรับอากาศ และได้นำข้อมูลมาเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้กับปริญญานิพนธ์

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สังวาลย์ บุญจันทร์ (2547) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศขนาด 12,500 บีทียู/ชั่วโมง โดยการนำน้ำเย็นที่อุณหภูมิ 18, 22, และ 26 องศาเซลเซียสมาฉีดที่คอนเดนเซอร์ด้วยอัตราการฉีด 20 และ 25 kg / h เพื่อช่วยเพิ่มอัตราการระบายความร้อน พบว่าเมื่อฉีดน้ำเข้าที่แผงระบายความร้อนด้วยอัตรา 25 kg / h ทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้โดยเฉลี่ยลดลง 6.3 % ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 8.7 % และ

ประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER) เฉลี่ยเพิ่มขึ้น 4.0 % การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์พบว่ามีมูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับ 822.85 บาท อัตราผลตอบแทนภายในเท่ากับ 36.24 % และมีระยะเวลาคืนทุนเท่ากับ 2.69 ปี [18]

ธนวรา ทองล้วน (2547) ได้ทำการศึกษาและเปรียบเทียบสมรรถนะประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ กับแบบระบายความร้อนโดยการพ่นน้ำ ในเครื่องปรับอากาศขนาด 15,000 บีทียู/ชั่วโมง และ 48,000 บีทียู/ชั่วโมง พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนโดยการพ่นน้ำดีกว่า แบบระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยที่เครื่องปรับอากาศขนาดการทำความเย็น 15,000 บีทียู/ชั่วโมง สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ 15% และค่า COP เพิ่มขึ้น 18% ส่วนเครื่องปรับอากาศขนาด 48,000 บีทียู/ ชั่วโมง สามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ 16% และค่า COP เพิ่มขึ้น 20% ส่วนผลการทดสอบจากห้องทดสอบเครื่องปรับอากาศ ได้ทำการทดสอบเครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งสามารถลดพลังงานไฟฟ้าที่ป้อนให้กับระบบ 9% ขีดความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 6% และค่า COP เพิ่มขึ้น 16% [15]

เรืองฤทธิ์ ลำมะยศ (2543) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 12,500 บีทียู/ชม. โดยการใช้น้ำหล่อเย็นฉีดเข้าที่แผงระบายความร้อน โดยเอาน้ำทิ้งจากคอยล์เย็นมาฉีดให้เป็นละอองเพื่อช่วยในการระบายความร้อนออกจากแผงระบายความร้อนให้ได้มากขึ้น พบว่าเมื่อได้ทำการฉีดละอองน้ำเข้าไปที่แผงระบายความร้อนในอัตราที่เท่ากับปริมาณน้ำทิ้งที่ออกมาจากระบบปรับอากาศ จะทำให้ความดันอิ่มตัวในแผงระบายความร้อนลดลงโดยเฉลี่ย 103.43 kPa (15.02psi) หรือ 5.29% อุณหภูมิของอากาศที่แผงระบายความร้อนลดลงโดยเฉลี่ย 1.90 °C ซึ่งทำให้การระบายความร้อนที่แผงระบายความร้อนเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ย 4.69 % ในขณะที่อัตราการทำความเย็นที่คอยล์เย็นเพิ่มขึ้น 4.80 % ค่า COP และ EER เพิ่มขึ้น 8.99 % ซึ่งเป็นผลให้อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงโดยเฉลี่ย 61.65 W หรือ 3.94 % [17]

ปณต วิไลพล (2543) ได้ทำการจำลองสถานการณ์การผลิตน้ำร้อน ด้วยปั๊มความร้อนขนาด 3,736 กิโลวัตต์ โดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากน้ำหล่อเย็นของโรงแรมขนาด 320 ห้อง เป็นเวลา 1 ปี พบว่า อุณหภูมิของน้ำที่ผลิตได้มีค่าระหว่าง 45.2-47.3 °C และมีอัตราการผลิตน้ำร้อนเท่ากับ 40 กิโลกรัมต่อวินาที ซึ่งเพียงพอต่อการตอบสนองความต้องการอุปโภคน้ำร้อนของโรงแรมขนาด 320 ห้อง และระบบผลิตน้ำร้อนโดยปั๊มความร้อน มีสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะระหว่าง 3.286-3.406 การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ของการผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อนโดยใช้แหล่งพลังงานความร้อนจากน้ำหล่อเย็น และใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน เปรียบเทียบกับการผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อไอน้ำซึ่งใช้น้ำมันเตาเป็นเชื้อเพลิงนั้น การวิเคราะห์จะแบ่งออกได้เป็นสองกรณีคือ

การวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของการลงทุน ด้วยการเปลี่ยนระบบผลิตน้ำร้อนจากหม้อไอน้ำมาเป็นการผลิตด้วยปั๊มความร้อนแทน เมื่อไม่คิดมูลค่าซากของหม้อไอน้ำพบว่าอัตราผลการตอบแทนของการลงทุนมีค่าเท่ากับ 16 % และการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนของการลงทุนใหม่ในการผลิตน้ำร้อนด้วยปั๊มความร้อนเปรียบเทียบกับการผลิตน้ำร้อนด้วยหม้อไอน้ำ ซึ่งต้องมีการซื้ออุปกรณ์ใหม่ทั้งสองระบบ พบว่าอัตราผลตอบแทนของการลงทุนมีค่าเท่ากับ 17.02 % [16]

สำหรับโครงการนี้มุ่งศึกษาถึงการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศชนิดอัดไอแบบแยกส่วนขนาด 12,000 บีทียู/ชั่วโมงโดยการ นำอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนแบบเชลล์และท่อมาติดตั้งระหว่างท่อดูดและท่อของเหลวของเครื่องปรับอากาศ เพื่อให้มีการแลกเปลี่ยนความร้อน โดยรูปแบบการไหลของสารทำความเย็นภายในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนเป็นการไหลแบบสวนทางกัน แล้วทำการทดสอบสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบที่ไม่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและแบบที่ติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เพื่อใช้เปรียบเทียบค่าสมรรถนะการทำความเย็น (COP) กำลังไฟฟ้าที่ใช้ ประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER) และการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์