บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึง วิธีการออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศ และวิธีการควบคุมการทำงานของระบบการทำน้ำอุ่น

3.1 กรอบแนวคิดและวิธีการออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศ

กรอบแนวคิด

แนวคิดของการออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศนั้น สิ่งสำคัญก็คือ เครื่องทำน้ำอุ่นนี้จะทำหน้าที่นำความร้อนที่ทิ้งออกไปจากระบบกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ โดยการนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำ ซึ่งจะทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น ส่วนสารทำความเย็นก็จะมีอุณหภูมิลดลง โดยที่เครื่องทำน้ำอุ่นจะต้องไม่ทำให้สมรรถณะของเครื่องปรับอากาศลดลง

เครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศ จะใช้หลักของการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างสารทำความเย็นกับน้ำ โดยการใช้ความร้อนที่จะระบายทิ้งมาใช้สำหรับให้ความร้อนแก่น้ำ ซึ่งน้ำจะทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับเครื่องปรับอากาศด้วยอีกทางหนึ่ง ทำให้น้ำได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นได้ ทั้งยังจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการระบายความร้อนให้กับเครื่องปรับอากาศอีกด้วย ซึ่งปริมาณความร้อนที่จะสามารถนำกลับมาใช้งานใหม่ได้นั้นก็คือ

ความร้อนที่นำมาใช้ใหม่ = ความร้อนที่นำออกมาจากห้อง + ความร้อนที่เครื่องอัด

โดยประสิทธิภาพในการทำน้ำอุ่นก็ขึ้นอยู่กับความสามารถในการนำเอาความร้อนดังกล่าวมาใช้งานให้ได้สูงสุด ซึ่งก็ขึ้นอยู่กับการออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้น การทำเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศนี้จะต้องเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ดังนั้น ปริมาณความร้อนที่จะถ่ายเทให้แก่น้ำก็คือ

ความร้อนที่ถ่ายเทให้แก่น้ำ = ความร้อนที่นำมาใช้ใหม่ x สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

โดยที่เครื่องทำน้ำอุ่นที่จะสร้างขึ้นนี้จะสามารถเลือกระบบได้ว่าจะให้เครื่องปรับอากาศมีการทำงานแบบปรกติ หรือจะให้มีการทำน้ำอุ่นก็ได้ และเมื่อจะทำการบำรุงรักษาเครื่องทำน้ำอุ่นก็สามารถถอดแยกออกมาจากเครื่องปรับอากาศได้โดยไม่มีผลกระทบกับระบบของเครื่องปรับอากาศ โดยเครื่องปรับอากาศก็ยังคงสามารถใช้งานต่อไปได้ตามปรกติ

สำหรับการบำรุงรักษาหรือการซ่อมแซม จะสามารถถอดเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนออกจากเครื่องปรับอากาศได้โดยที่สามารถใช้งานเครื่องปรับอากาศได้ตามปรกติ ซึ่งที่มีการผลิตออกมาจำหน่ายยังไม่มีระบบดังกล่าว

วิธีการออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศ

เมื่อศึกษาการทำงานของเครื่องปรับอากาศก็จะพบว่า มีการทำงานเป็นวัฏจักร โดยอาศัยการเปลี่ยนสถานะของสารทำความเย็นมาใช้สำหรับการถ่ายเทความร้อนจากแหล่งหนึ่งไปสู่อีกแหล่งหนึ่ง และยังพบอีกว่าสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดมีสถานะเป็นไอและอยู่ในภาวะเป็นไอร้อนยวดยิ่ง แล้วจะถูกทำให้เย็นลงจนเป็นของเหลวเย็นยิ่ง ณ ที่ทางออกของเครื่องควบแน่น โดยใช้อากาศเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนความร้อน และความร้อนดังกล่าวนั้นก็ถูกปล่อยทิ้งไปโดยเปล่าประโยชน์

ดังนั้น จากหลักการของการถ่ายเทความร้อน จะพบว่าเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศก็คือเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่ใช้น้ำมาทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น เมื่อน้ำได้รับความร้อนจากสารทำความเย็นก็จะทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น จากนั้นก็นำน้ำที่มีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นนี้มาใช้ประโยชน์ ก็จะเป็นการนำความร้อนกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ นั่นเอง

เมื่อพิจารณาวัฏจักรการทำงานของเครื่องปรับอากาศจะพบว่าสามารถออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นได้สองลักษณะคือ

1. **เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่** หมายถึง การต่อท่อสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องอัดมาจุ่มในน้ำที่บรรจุอยู่ในภาชนะ ด้วยวิธีการนี้ น้ำที่อยู่ในภาชนะจะมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งมีอุณหภูมิสมดุลเท่ากับอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ไหลผ่านน้ำที่บรรจุอยู่ในภาชนะ ส่วนอัตราการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ถ่ายเทความร้อนและปริมาณของน้ำ ดังนั้น จึงขึ้นอยู่กับความยาวของท่อสารทำความเย็นและปริมาตรของภาชนะบรรจุน้ำ แต่มีข้อควรคำนึงก็คือ ความยาวของท่อมีผลต่อการสูญเสียความดัน แต่มีข้อดีคือ เครื่องทำน้ำอุ่นแบบนี้จะสามารถทำอุณหภูมิของน้ำได้สูง โดยปกติแล้ว เครื่องอัดจะไม่ทำงานตลอดเพราะเมื่ออุณหภูมิของห้องปรับอากาศถึงค่าที่ตั้งไว้ เครื่องอัดจะหยุดทำงาน จะทำให้น้ำมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งหากไม่ต้องการให้น้ำอุ่นเกิดการสูญเสียความร้อนไปมาก จะต้องมีการหุ้มฉนวนความร้อนที่เครื่องทำน้ำอุ่น แต่การหุ้มฉนวนก็อาจจะทำให้น้ำที่มีอุณหภูมิสูงถ่ายเทความร้อนไปยังเครื่องอัดและเครื่องควบแน่น ซึ่งอาจส่งผลต่อการทำงานของระบบโดยรวมได้ ดังนั้น การออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่นี้ สิ่งสำคัญจึงอยู่ที่วงจรของสารทำ

ความเย็นและการควบคุมการทิศทางการไหล ซึ่งจะต้องไม่ให้สารทำความเย็นไหลผ่านเครื่องทำน้ำอุ่นนี้ตลอดเวลา โดยจะต้องควบคุมไม่ให้สารทำความเย็นไหลผ่านเครื่องทำน้ำอุ่นเมื่ออุณหภูมิของน้ำถึงค่าที่ตั้งไว้

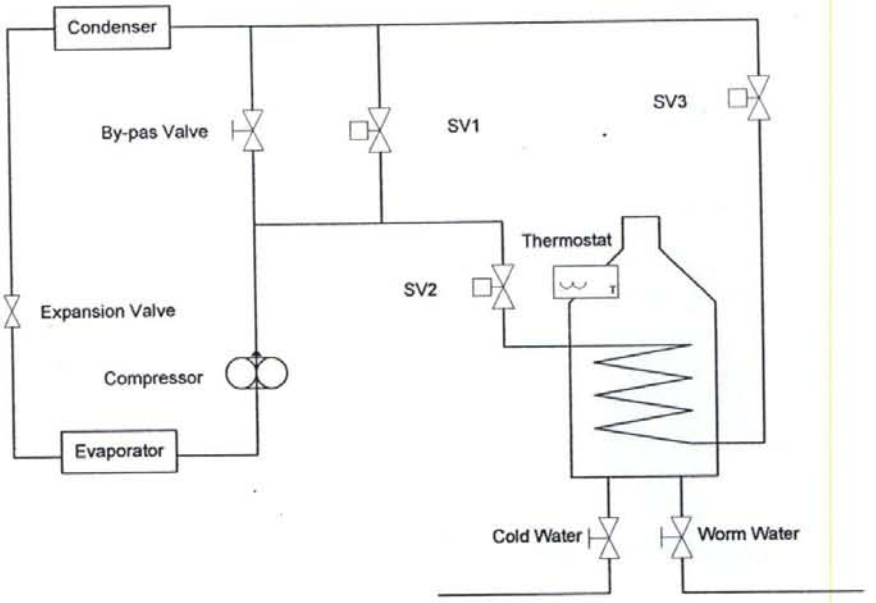
2. **เครื่องทำน้ำอุ่นแบบไหลผ่าน** หมายถึง การให้น้ำไหลเข้าแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นในเครื่องทำน้ำอุ่นแล้วไหลออก ซึ่งอุณหภูมิของน้ำจะขึ้นอยู่กับพื้นที่รับความร้อนและอัตราการไหลของน้ำ นั่นหมายความว่า หากต้องการได้น้ำอุ่นที่มีอุณหภูมิสูงและอัตราการไหลสูง ท่อของสารทำความเย็นในเครื่องทำน้ำอุ่นก็จะต้องมีความยาวมาก

จากการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่ใช้งานกันอยู่ในปัจจุบัน พบว่าส่วนใหญ่ใช้สารทำความเย็น R-22 ($CHClF_2$) สังเกตุได้จากรหัสสีของถัง คือ สีเขียว โดยมีอุณหภูมิจุดเดือดอยู่ที่ -41.4 ^{o}F (-40.8 ^{o}C) ที่ความดันบรรยากาศ โดยที่ภาวะทางออกของเครื่องอัดสารทำความเย็นเป็นไอร้อนยวดยิ่งมีอุณหภูมิ 176- 230 ^{o}F (80-110 ^{o}C) ความดัน 250-280 psi (17.24-19.31 bar) ที่ภาวะทางออกของเครื่องควบแน่นสารทำความเย็นเป็นของเหลวเย็นยิ่ง ความดันเฉลี่ย 250-280 psi ส่วนที่ภาวะทางเข้าของเครื่องอัดสารทำความเย็นเป็นไอร้อนยวดยิ่งมีความดัน 65-75 psi (4.48-5.17 bar)

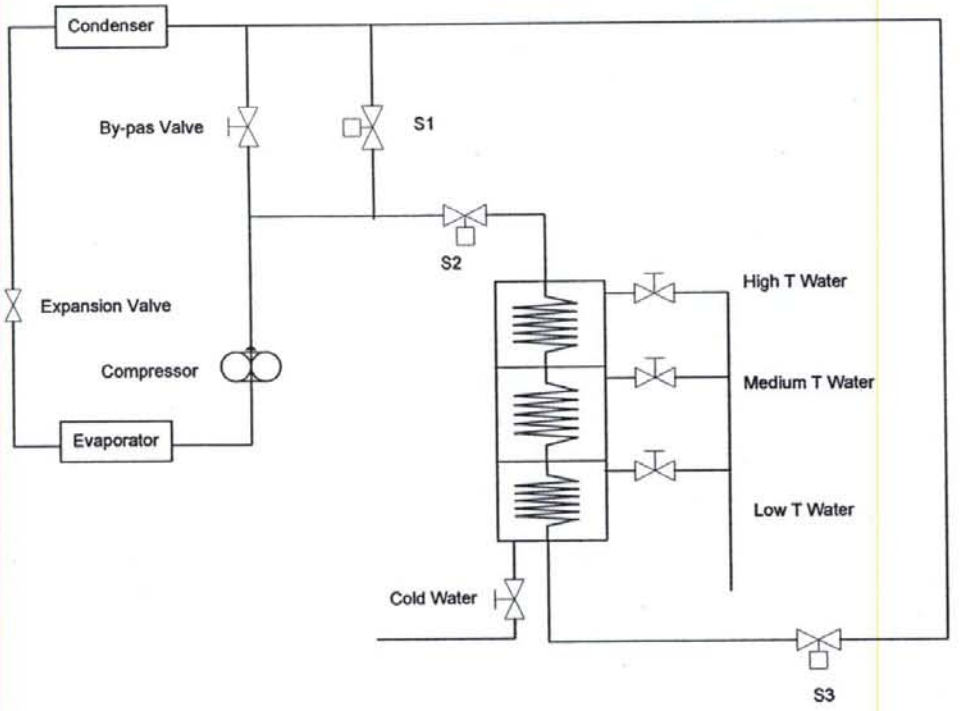
เครื่องปรับอากาศที่ใช้สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีขนาด 36,000 Btu/hr ทำการออกแบบเครื่องทำน้ำอุ่นทั้งแบบแช่ และแบบไหลผ่าน โดยช่วงที่ทำน้ำอุ่นการระบายความร้อนจะเกิดขึ้นที่เครื่องทำน้ำอุ่นและเครื่องควบแน่นเดิมของระบบ

สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่ออกแบบท่อสารทำความเย็นให้ขดอยู่ภายในภาชนะบรรจุน้ำ โดยมีขนาดท่อเท่ากับขนาดท่อส่งของระบบเดิม โดยความยาวของท่อที่ขดอยู่ในภาชนะเมื่อรวมกับความยาวของท่อระบบเดิม รวมกับความยาวสมมูลของข้อต่อ ข้อลด และวาล์วแล้วจะต้องเท่ากับหรือไม่เกินกว่าค่าที่ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศกำหนด ใช้เธอร์โมสตัทแบบเลือกอุณหภูมิได้ควบคุมการตัดต่อวงจรเพื่อควบคุมการไหลของสารทำความเย็นที่เข้าออกเครื่องทำน้ำอุ่น ทั้งนี้ต้องทำการเปรียบเทียบกำลังไฟที่ป้อนเข้าเครื่องอัด

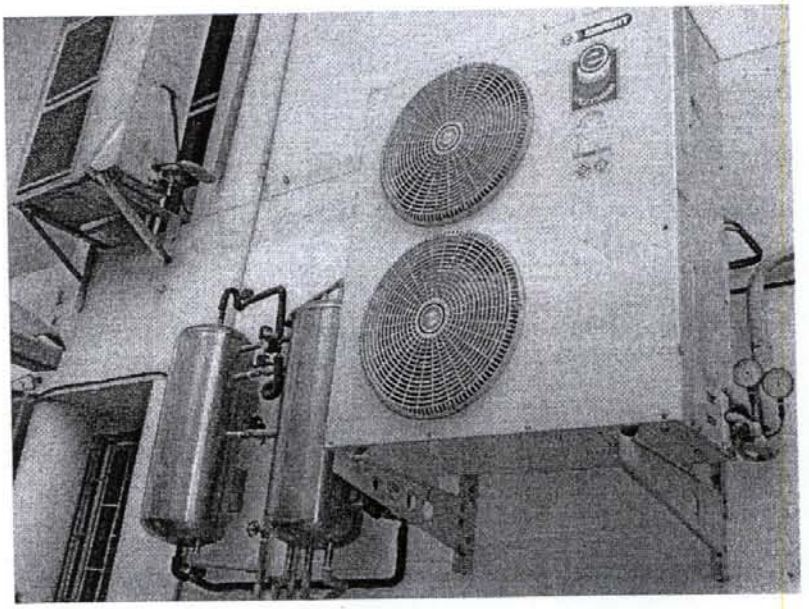
สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นแบบไหลผ่าน ออกแบบท่อสารทำความเย็นให้ขดอยู่ภายในเครื่องทำน้ำอุ่น โดยให้น้ำไหลเข้าแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลสวนทางกัน โดยสามารถเพิ่มหรือลดพื้นที่แรกเปลี่ยนความร้อนระหว่างกันได้ เพื่อหาความยาวท่อขดที่เหมาะสมกับอุณหภูมิและอัตราการไหลของน้ำที่ต้องการ โดยท่อที่นำมาขดมีขนาดเท่ากับขนาดท่อส่งของระบบเดิม โดยความยาวของท่อที่ขดอยู่ในภาชนะเมื่อรวมกับความยาวของท่อระบบเดิม รวมกับความยาวสมมูลของข้อต่อ ข้อลด และวาล์วแล้วจะต้องเท่ากับหรือไม่เกินกว่าค่าที่ผู้ผลิตเครื่องปรับอากาศกำหนด การควบคุมทั้งนี้ต้องทำการเปรียบเทียบกำลังไฟที่ป้อนเข้าเครื่องอัด



รูปที่ 3.1 เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่



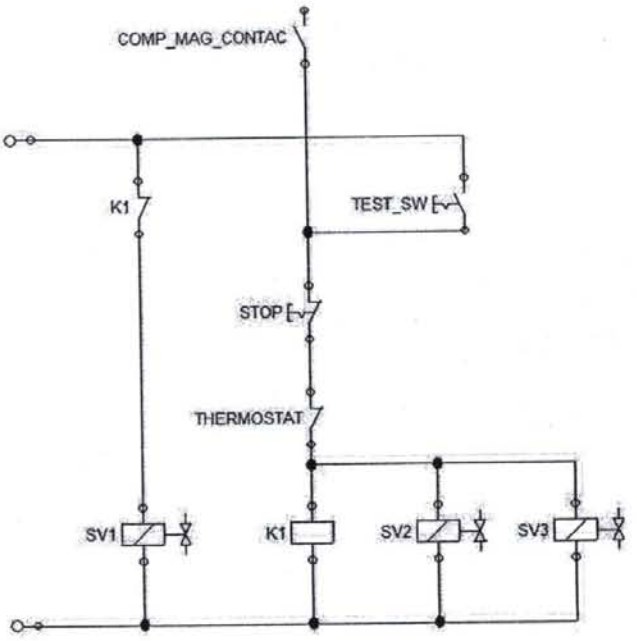
รูปที่ 3.2 เครื่องทำน้ำอุ่นแบบไหลผ่าน



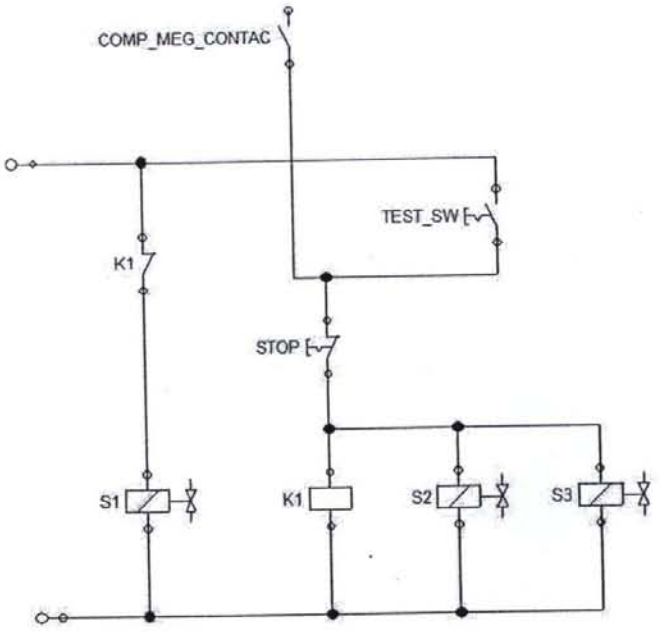
รูปที่ 3.3 เครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่และ แบบไหลผ่าน

3.2 วิธีการควบคุมการทำงานของระบบการทำน้ำอุ่น

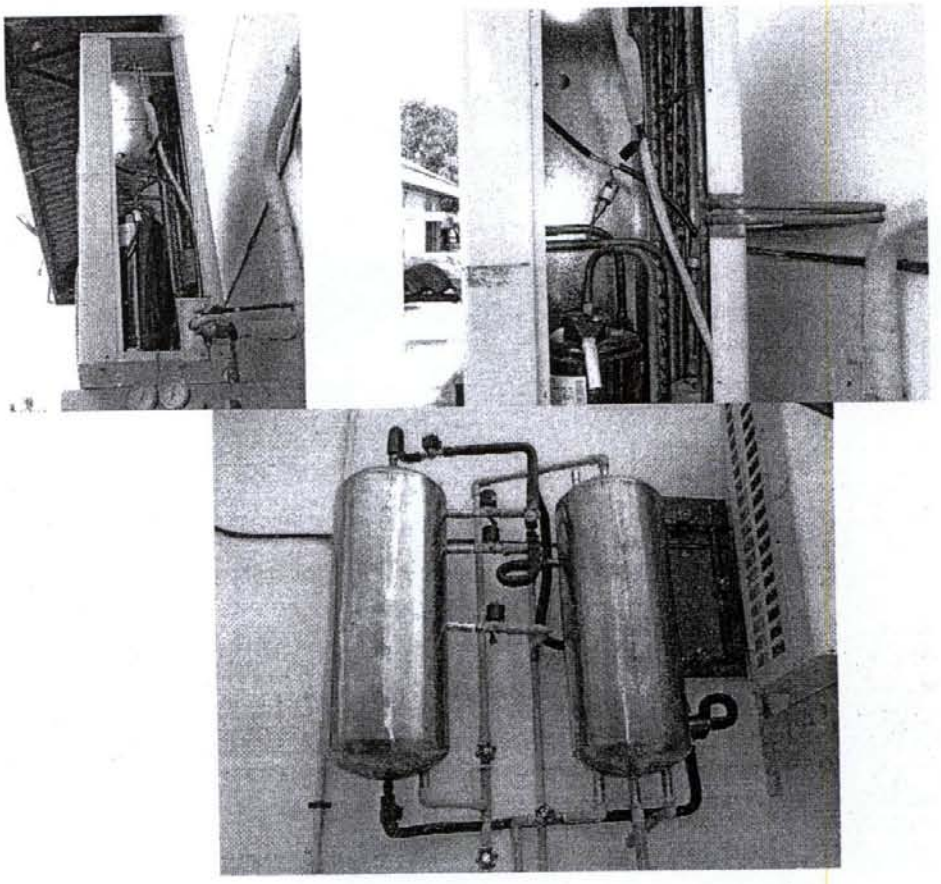
การควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศจะใช้วาล์วไฟฟ้าเข้ามาควบคุมวงจรของสารทำความเย็นที่ไหลเข้าเครื่องทำน้ำอุ่น โดยออกแบบให้มีวาล์วไฟฟ้าสามตัวสำหรับควบคุมการไหลของสารทำความเย็น สำหรับเครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่ จะใช้เธอร์โมสตัทควบคุมการไหลของสารทำความเย็น



รูปที่ 3.4 วิธีการควบคุมการทำงานเครื่องทำน้ำอุ่นแบบแช่



รูปที่ 3.5 วิธีการควบคุมการทำงานเครื่องทำน้ำอุ่นไหลผ่าน



รูปที่ 3.6 ระบบท่อทางและระบบวาล์วควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำอุ่นจากเครื่องปรับอากาศ

3.3 การคำนวณหาความยาวท่อทองแดง

ออกแบบให้สารทำความเย็นไหลในท่อทองแดงส่วนน้ำไหลอยู่รอบท่อทองและมีทิศทางสวนทางกัน น้ำจะถูกทำให้มีอุณหภูมิจาก 27 °C เป็น 45 °C โดยสารทำความเย็นมีอุณหภูมิ 80 °C และ 70 °C น้ำมีอัตราการไหล 60 ลิตร/ชั่วโมง หรือ 60 กิโลกรัม/ชั่วโมง ท่อทองแดงมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9.525 มม.

$$\dot{Q} = \dot{m} c_p \Delta T = (60/3600 \text{ kg/s})(4179 \text{ J/kg.K})(18 \text{ K}) = 1{,}295.1 \text{ W}$$

$$\Delta T_{lm} = \frac{(T_{ho} - T_{co}) - (T_{hi} - T_{ci})}{\ln\left[\frac{(T_{ho} - T_{co})}{(T_{hi} - T_{ci})}\right]} = \frac{(80-45) - (70-27)}{\ln\left[\frac{(80-45)}{(70-27)}\right]} = 38.86$$

$$A = \frac{\dot{Q}}{U \Delta T_{lm}} = \frac{1295.1}{200 \times 38.86} = 0.167 \text{ m}^2$$

$$L = \frac{A}{\pi D} = \frac{0.167}{\pi(0.009525)} = 5.57 \approx 6 \text{ m.}$$