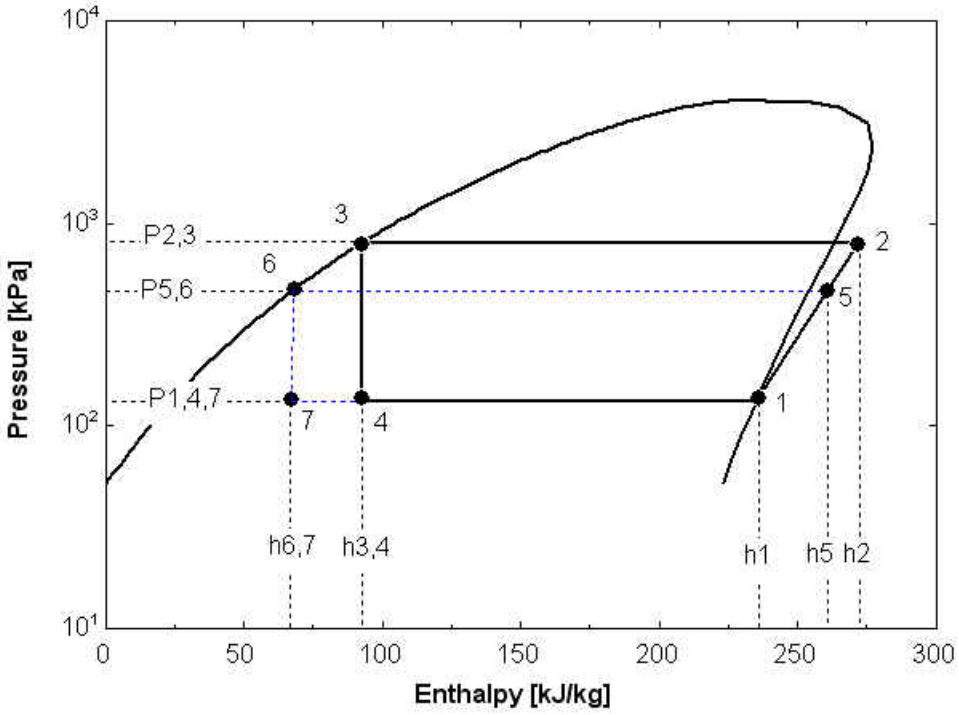
บทที่ 3

ความเป็นไปได้ทางทฤษฎีในการประหยัดพลังงานในวัฏจักรการทำความเย็น

3.1 การควบคุมความดันด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำที่สุด

การควบคุมความดันด้านคอนเดนเซอร์ให้ต่ำที่สุด หรือการลดความดันควบแน่นของสารทำความเย็น สามารถทำได้โดยการลดอุณหภูมิของสารทำความเย็นให้มากที่สุด ซึ่งส่งผลให้ผลต่างความดันที่ตกคร่อมเครื่องอัดไอ (Compressor) ลดลง (ความดันด้านสูง (คอนเดนเซอร์) ลบความดันด้านต่ำ (อีวาปอเรเตอร์) ลดลง) ทำให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับเครื่องอัดไอลดลง รวมทั้งยังสามารถที่เพิ่มอัตราการทำความเย็น (Ton) ได้มากขึ้นด้วย



รูปที่ 3.1 P-h ไดอะแกรม ของการลดความดันควบแน่น (ความดันด้านสูง)

จากรูปที่ 3.1 P-h ไดอะแกรมของการลดความดันควบแน่น (ความดันด้านสูง) เราจะเห็นว่าเดิมความดันด้านสูง (คอนเดนเซอร์) อยู่ที่ $P_{2,3}$ ส่วนความดันต่ำ(อีวาปอเรเตอร์) อยู่ที่ $P_{1,4}$

-อัตราการทำความเย็นเดิม (ที่อีวาปอเรเตอร์) = h_1-h_4

-อัตราการระบายความร้อนเดิม (ที่คอนเดนเซอร์) = h_2-h_3

-งานของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้อัดน้ำยาเดิม = h_2-h_1

เมื่อดำเนินการต่าง ๆ แล้วทำให้ความดันด้านสูง(คอนเดนเซอร์)ลดลงเป็น P_6 ซึ่งส่งผลให้เปลี่ยนแปลงในทุกส่วนของวงจร ดังนี้

<u>อัตราการทำความเย็น</u> (ที่อีวาปอเรเตอร์) เพิ่มขึ้นจาก h_1-h_4 เป็น h_1-h_7 ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเป็น $(h_1-h_7)-(h_1-h_4)$ จะเห็นว่าการลดความดันด้านสูงให้ต่ำลงทำให้อัตราการทำความเย็นเพิ่มขึ้น

<u>อัตราการระบายความร้อน</u> (ที่คอนเดนเซอร์) เพิ่มขึ้นจาก h_2-h_3 เป็น h_5-h_6 ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนการระบายความร้อนเพิ่มขึ้น เท่ากับ $(h_5-h_6)-(h_2-h_3)$ ซึ่งการระบายความร้อนมาก ๆ สามารถทำได้แต่ข้อจำกัดที่ต้องเพิ่มพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนทำให้ค่าใช้จ่ายเพิ่มมากขึ้น รวมทั้งข้อจำกัดของสภาวะอากาศที่นำเข้ามาระบายความร้อน

<u>งานของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้ในการอัดน้ำยา</u> ลดลงจาก h_2-h_1 เป็น h_5-h_1 ซึ่งคิดเป็นงานที่ลดลงเท่ากับ $(h_2-h_1)-(h_5-h_1)$

เนื่องจากผลต่างความดันด้านดูดและด้านส่งของคอมเพรสเซอร์ต่ำลง สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของระบบสูงขึ้นจาก

$$\text{COP} = \frac{h1 - h4}{h2 - h1}$$

เป็น

$$\text{COP} = \frac{h1 - h4}{h5 - h1}$$

ดังนั้น จะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้ (kW) ต่ออัตราการทำความเย็นที่อีวาปอเรเตอร์ (Ton) ลดลง (kW/Ton ลดลง)

การลดความดันด้านสูง (ด้านคอนเดนเซอร์) ให้ต่ำลงสามารถดำเนินการได้สองกรณี คือ กรณีระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ และระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ดังนี้

3.1.1.ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อยด้วยอากาศ

1 เพิ่มพื้นที่ผิวการถ่ายเทความร้อนของขดท่อความร้อน (คอนเดนเซอร์) ให้มากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้อากาศสัมผัสกับพื้นที่ผิวขดท่อความร้อนได้มากขึ้น (ระบายความร้อนออกได้มากขึ้น) ซึ่งโดยทั่วไปมีการออกแบบพื้นที่ผิวถ่ายเทความร้อนประมาณ 12-15 m^2/Ton กรณีเป็นเครื่องแบบแยกส่วนขนาดเล็กอาจจะเลือกขดท่อความร้อน (คอนเดนเซอร์) ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น 1-2 ขนาด

2 เพิ่มปริมาณอากาศระบายความร้อน ที่สัมผัสกับพื้นผิวขดท่อความร้อนให้มากขึ้น โดยทั่วไปอากาศที่ระบายความร้อนจะมีความเร็วประมาณ 2.5-3.0 m/sec

3 ตำแหน่งการตีดตั้งชุดระบายความร้อน ต้องอยู่ในตำแหน่งที่มีการระบายความร้อนออกได้ไม่มีวัสดุต่าง ๆ ปิดบังทิศทางของอากาศ หรือความเร็วลมด้านนอกไม่รบกวนการไหลของอากาศที่ออกมาจาก

เครื่องโดยตรง ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการระบายความร้อนไม่ออก โดยทั่วไปอุณหภูมิควบแน่นจะสูงกว่าอุณหภูมิของอากาศ ที่เข้าไประบายประมาณ 15-20 ºC

4 ต้องทำความสะอาดพื้นผิวถ่ายเทความร้อนอย่างสม่ำเสมอ เพื่อทำให้พื้นผิวขดท่อทำความร้อนสะอาด ส่งผลให้อากาศที่เข้ามาระบายความร้อนสัมผัสกับผิวท่อโดยตรง ไม่มีความต้านทานในการระบายความร้อนของสิ่งสกปรกต่าง ๆ ที่เกาะบนพื้นผิว โดยทั่วไปการทำความสะอาดพื้นผิวอย่างสม่ำเสมอจะทำให้เกิดการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 7.7 เปอร์เซ็นต์

3.1.2. ระบบปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

จะมีการระบายความร้อนด้วยน้ำด้านขดท่อความร้อน (คอนเดนเซอร์) ออกที่หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) โดยทั่วไปน้ำก่อนเข้าที่คอนเดนเซอร์จะมีอุณหภูมิประมาณ 90 ºF (32.2 ºC) และออกประมาณ 100 ºF (40.6 ºC) โดยใช้มาตรฐานอากาศที่ผ่านหอผึ่งน้ำเท่ากับ 95 ºF (35 ºC) กระเปาะแห้งและ 82 ºF (28 ºC) กระเปาะเปียก

การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นนั้น ตัวแปรที่สำคัญที่สุด คือ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ถ้าอุณหภูมิกระเปาะเปียกต่ำจะทำให้อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ออกจากหอผึ่งต่ำ ดังนั้นการลดอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นจะต้องทราบถึงสถิติของอากาศในแต่ละวัน รวมทั้งการใช้พลังงานไฟฟ้าของหอผึ่งเย็น และการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น

โดยอุณหภูมิกระเปาะเปียกในแต่ละวันจะมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากนัก ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ผ่านหอผึ่งน้ำเกือบคงที่เช่นกัน ดังนั้นหากจะลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นให้ต่ำลงเพื่อให้เครื่องทำน้ำเย็นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง ช่างควบคุมอาจดำเนินการเปิดหอผึ่งเย็นที่มีอยู่เพิ่มขึ้นซึ่งจะเป็นการเปรียบเสมือนการเพิ่มพื้นที่ผิวในการถ่ายเทความร้อนที่หอผึ่งเย็น ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากหอผึ่งเข้าสู่เครื่องทำน้ำเย็นต่ำลง ทั้งนี้ต้องตรวจสอบถึงความสิ้นเปลืองของน้ำหล่อเย็น การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ขับพัดลมที่หอผึ่งน้ำที่เพิ่มขึ้น และพลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นที่ลดลง ซึ่งจะทำให้รู้ว่าสามารถจะประหยัดพลังงานลงไปได้เท่าใด

แต่มีข้อควรระวังในการเปิดหอผึ่งน้ำเพิ่มขึ้น อาจจะต้องเปิดปั๊มระบายความร้อนเพิ่มขึ้นด้วย เนื่องจากอัตราการไหลของปั๊มเดิน จะไม่สามารถที่จะขับสปริงเกอร์ให้เกิดการหมุนได้ดังนั้นการเปิดหอผึ่งน้ำเพิ่ม ต้องเผ้าสังเกตการณ์หมุนของสปริงเกอร์ให้เกิดการหมุนได้ว่ามีการหมุนดีหรือไม่ และเป็นละอองฝอยละเอียดดีหรือไม่ ถ้าไม่สามารถที่จะทำงานได้ดังกล่าวจะต้องเดินปั๊มระบายความร้อนเพิ่มขึ้นซึ่งจะต้องใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอีก

โดยทั่วไปน้ำหล่อเย็นจะมีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ ประมาณ 3-5 ºC ดังนั้นเมื่อตรวจสอบดูอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศที่ขู่หอผึ่งน้ำ และอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจากหอผึ่งน้ำ ถ้าอุณหภูมิไม่มากกว่า 3-5 ºC วิธีการลดอุณหภูมิโดยการเปิดหอผึ่งเย็นเพิ่มอาจไม่ได้ผลนัก

แต่ทั่วไปจะสามารถที่จะลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นลงไปได้ประมาณ 3-5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากที่กล่าวมาแล้ว สามารถลดอุณหภูมิควบแน่นของสารทำความเย็นได้อีกหลายวิธี

1. ทำความสะอาดพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของคอนเดนเซอร์อย่างสม่ำเสมอ เมื่อใช้งานเครื่องปรับอากาศไปนาน ๆ จะเกิดตะกรันบนพื้นผิวถ่ายเทความร้อน เนื่องจากคุณภาพน้ำไม่ดี หรือไม่มีการล้างระบบในเวลาที่เหมาะสม ส่งผลให้ความสามารถในการถ่ายเทความร้อนลดลง โดยทั่วไปกำหนดให้ความหนาของตะกรันที่ยอมรับได้ประมาณ 0.15 cm (0.006 in)

Fouling factor = heat resistance = x/k

x = ความหนาของตะกรัน (mm)

k = ค่าการนำความร้อนของตะกรัน = 1.7 w/mK หรือ 12 Btu.in/ft^2 ºFh

ดังนั้น

Fouling factor = 0.015/1000/1.7

= 0.0000088 m^2.kW

หรือ = 0.006/12

= 0.0005 ft^2 ºFh/Btu

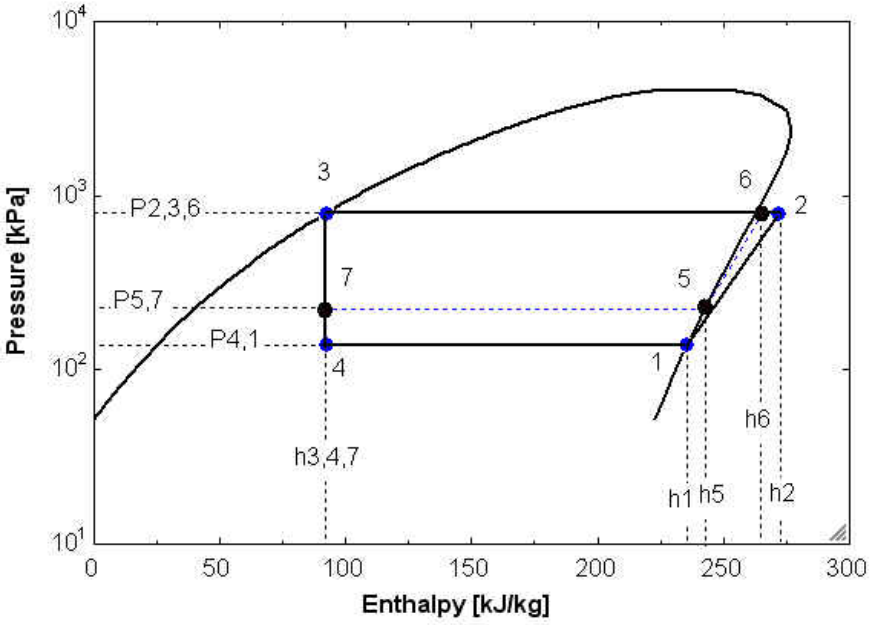
ดังนั้นเมื่อค่า Fouling factor มากกว่า 0.0005 ft^2 ºFh/Btu หรือ 0.0000088 m^2 .kW แล้วควรดำเนินการล้างระบบและคอนเดนเซอร์เพื่อผลในการประหยัดพลังงาน ในการสร้างคอนเดนเซอร์อาจจะแช่ลวดล้างผังไว้ในท่อ หรืออาจจะทำเป็นระบบทำความสะอาดอัตโนมัติ เช่น แบบลูกลอยหรือแบบแปลง ซึ่งอาจจะวิ่งขัดอยู่ข้างใน

2. **ทำความสะอาดหอผึ่งน้ำอย่างสม่ำเสมอ** เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนได้ดีตลอดเวลา

3. หอผึ่งน้ำต้องอยู่ในตำแหน่งที่ผึ่งน้ำได้สะดวก

3.2 การควบคุมความดันด้านอีวาปอเรเตอร์ให้สูงที่สุด

การควบคุมความดันด้านอีวาปอเรเตอร์ให้สูงที่สุด หรือการเพิ่มความดันระเหยของสารทำความเย็น สามารถทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิของสารทำความเย็นให้สูงที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งถ้าอุณหภูมิของสารทำความเย็นเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ผลต่างของความดันตกคร่อมที่เครื่องคอมเพรสเซอร์ ลดลง (ความดันด้านสูง (คอนเดนเซอร์) ลบความดันด้านต่ำ (อีวาปอเรเตอร์) ลดลง) ส่งผลให้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ลดลง



รูปที่ 3.2 P-h ไดอะแกรมของการเพิ่มความดันระเหย (ความดันด้านต่ำ)

จากรูปที่ 3.2 P-h ไดอะแกรมของการเพิ่มความดันระเหย (ความดันด้านต่ำ) เราจะเห็นว่าความดันเดิมด้านสูง (คอนเดนเซอร์) อยู่ที่ $P_{2,3,6}$ ส่วนความดันด้านต่ำ (อีวาปอเรเตอร์) อยู่ที่ $P_{1,4}$

-อัตราการทำความเย็นเดิม (ที่อีวาปอเรเตอร์) = h_1-h_4

-อัตราการระบายความร้อนเดิม (ที่คอนเดนเซอร์) = h_2-h_3

-งานของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้อัดน้ำยาเดิม = h_2-h_1

เมื่อดำเนินการต่าง ๆ แล้วให้ความดันด้านต่ำ (ที่อีวาปอเรเตอร์) สูงขึ้นเป็น $P_{7,5}$ ซึ่งจะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงในทุกส่วนของวัฏจักรดังนี้

<u>อัตราการทำความเย็น</u> (ที่อีวาปอเรเตอร์) เพิ่มขึ้นเล็กน้อยจาก h_1-h_4 เป็น h_5-h_7 ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนการทำความเย็นเพิ่มขึ้นเท่ากับ $(h_5\text{-}h_7) - (h_1\text{-}h_4)$

<u>อัตราการระบายความร้อน</u> (ที่คอนเดนเซอร์) ลดลงจาก h_2-h_3 เป็น h_6-h_3 ซึ่งคิดเป็นอัตราส่วนความร้อนที่ลดลงเท่ากับ $(h_2\text{-}h_3)\text{-}(h_6\text{-}h_3)$ การระบายความร้อนที่ลดลงทำให้สมรรถนะของอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

<u>งานของคอมเพรสเซอร์</u> ที่ใช้ในการอัดน้ำยาลดลงจาก h_2-h_1 เป็น h_6-h_5 คิดเป็นอัตราส่วนงานที่ลดลงเท่ากับ $(h_2\text{-}h_1)\text{-}(h_6\text{-}h_5)$ เนื่องจากผลต่างของความดันของคอมเพรสเซอร์ต่ำลง

สัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (COP) ของระบบสูงขึ้นจาก

$$\text{COP} = \frac{h\,1 \;-\; h\,4}{h\,2 \;-\; h\,1}$$

เป็น

$$\text{COP} = \frac{h\,5 \;-\; h\,7}{h\,6 \;-\; h\,5}$$

ดังนั้น จะส่งผลให้ค่าพลังงานไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้ (kW) ต่ออัตราการทำความเย็นที่อีวาปอเรเตอร์ (Ton) ลดลง (KW/Ton ลดลง)