รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เพิ่มประสิทธิ์ภาพห้องทำความเย็น อุณหภูมิต่ำกว่า 6 องศาเซลเซียล

Optimize refrigeration room 6 ℃

นายนัทธพงศ์ พัฒนะดำรงชัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

รายงานสหกิจศึกษาฉบับสมบูรณ์

เพิ่มประสิทธิ์ภาพห้องทำความเย็น อุณหภูมิต่ำกว่า 6 องศาเซลเซียล

Optimize refrigeration room 6 ℃

นายนัทธพงศ์ พัฒนะดำรงชัย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2561

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงงานสหกิจศึกษา เพิ่มประสิทธิ์ภาพห้องทำความเย็น 6 องศาเซลเซียล

ชื่อ-สกุลนักศึกษา นายนัทธพงศ์ พัฒนะดำรงชัย

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ **ภาควิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า

ชื่อ-สกุลอาจารย์นิเทศ ดร. สมภพ ผลไม้

ชื่อ-สกุลผู้นิเทศงาน ดร. สมภพ ผลไม้

ชื่อสถานประกอบการ บริษัท สยามเคมีคอล อินดัสตรี้จำกัด

บทคัดย่อ

ห้องทำความเย็นอุณหภูมิต่ำกว่า 6 องศาเซลเซียล มีเครื่องทำความเย็นทั้งหมดสามเครื่องที่ใช้ในการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ของบริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี้จำกัด มีอายุการใช้งานมากกว่า 25 ปี ทำให้มีค่าซ้อมบำรุงรักษาทั้งสามเครื่องทำความเย็นโดยเป็นราคาเท่ากับ 47,600 บาทต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลมาจากคอนเดนเซอร์ยูนิตที่เป็นประเภทสายพานนั้นชำรุดบ่อยครั้ง ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถณะ COP เท่ากับ 1.702 , 1.679 , 1.696 วัตต์ต่อวัตต์ ซึ่งมีค่าต่ำลงตามอายุการใช้งานและนอกจากนี้อีกเหตุผลประการหนึ่งพบว่าห้องทำความเย็นนี้ใช้สารทำความเย็นชนิด R-22 หรือ สารทำความเย็นตระกูล HCFC ที่มีส่วนทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากการที่ก๊าซแผ่ปกคลุมในลักษณะภาวะเรือนกระจก (Greenhouse gases) ซึ่งในอนาคตจะถูกระงับการใช้งาน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้องเปลี่ยนแฟนคอยล์ยูนิตและคอนเดนเซอร์ยูนิตทั้งหมดสามเครื่องเป็นประเภท Ecolite ที่จะสามารถใช้สารทำความเย็น R-134A ที่ไม่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก(Greenhouse gases) ดังกล่าวอีกทั้งยังเพิ่มค่าค่าสัมประสิทธิ์สมรรถณะ COP เป็นเท่ากับ 2.363 หรือเพิ่มขึ้นมากกว่าเดิม 39.64 % และคอนเดนเซอร์ประเภท Ecolite มีนวัตกรรมใหม่ที่เป็น internal motor ทำให้สามารถลดค่าซ้อมบำรุงรักษาที่เกิดจากสายพานที่มีราคาสูง

คำสำคัญ : ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถณะ COP , ภาวะเรือนกระจก(Greenhouse gases)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Co-operative Title: Optimize Refrigeration room 6 °C

Student Intern Name: Mr.Nattapong Patanadamrongchai

Faculty: Engineering **Department:** Electrical Engineering

Advisor Name: Dr. Sompod polmai

Mentor Name: Dr. Sompod polmai

Company: Siam Chemecal industry Co.,Ltd

ABSTRACT

The coefficient of performance equal 1.702,1.679,1.696 watt per watt. Which has lower values according to a lifetime. And also, another reason was found that this cooling room using refrigerant r-22 or HCFC refrigerant. That contributed to a global rise in temperature of the gas in the greenhouse effect. Which in the future will be suspended so as to cause a change in fan coil units and air condenser ,Which in the future will be suspended .The reason for the need to change the fan coil units and air condenser all 3 machines are type ecolite that can be used R-134a refrigerant which does not cause the greenhouse effect. It also increases the coefficient of performance of 2.363 or more original 39.64%

Keywords : coefficient of performance , greenhouse effect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าได้รับผิดชอบและปฏิบัติหน้าที่ในบริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี้ จำกัด ระหว่างวันที่ 4 มิถุนายน ถึงวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ.2561 ในโครงการวิชาสหกิจศึกษา ในหัวข้อโครงการ การเพิ่มประสิทธิภาพระบบทำความเย็น 5 องศาเซลเซียล ซึ่งข้าพเจ้าได้รวบรวมความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่เป็นประโยชน์อย่างมาก อีกทั้งการดูแลและการช่วยเหลือต่าง ๆ ของพี่ ๆ ในแผนกตลอดระยะเวลาการทำงาน

โครงงานนี้ไม่อาจสำเร็จลุล่วงได้หากขาดความกรุณาของคุณคมสัน แก่นภักดี หัวหน้าแผนกที่คอยช่วยเหลือ ดูแลเอาใจใส่สอนงานและให้คำปรึกษาต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมา

ขอขอบคุณ ดร. สมภพ ผลไม้ ผู้เป็นอาจารย์นิเทศโครงการสหกิจศึกษาที่คอยแนะนำคำปรึกษาและคอยช่วยเหลือปัญหาต่าง ๆ ในการทำโครงการครั้งนี้

นัทธพงศ์ พัฒนะดำรงชัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

บทคัดย่อ (ภาษาไทย) I

บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญรูป VI

สารบัญตาราง VII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขต 2

1.4 วิธีการดำเนินการ 2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

บทที่2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 4

2.1 หลักการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน 4

2.2 คำจำกัดความทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทำความเย็น 5

2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอในการทำงานจริง 11

2.4 ชนิดของสารทำความเย็น 12

2.5 ผลกระทบของสารทำความเย็นตระกูล CFC ต่อสภาพแวดล้อม 14

2.6 หลักการทำความเย็น 15

2.7 หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ 17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง **หน้า**

2.8 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของการทำความเย็น 18

2.9 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric chart.) 21

2.10 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง 22

บทที่ 3 แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ 25

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบ 25

3.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้ 27

3.3 ขั้นตอนการตรวจวัด 29

3.4 การหาค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (COP) 32

บทที่4 ผลการวิจัย 35

4.1 ผลการวิจัยเครื่องทำความเย็น 5 องศาเซลเซียล 35

4.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย 38

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 39

5.1 สรุปผลการวิจัย 39

5.2 ข้อเสนอแนะ 39

เอกสารอ้างอิง 42

ภาคผนวก 42

ประวัติผู้เขียน 44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูป **หน้า**

รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็น 16

รูปที่ 2.3 ค่าสมบัติต่างๆของแผนภาพไซโครเมตริก 21

รูปที่ 3.1 Layout Refrigeration room at warehouse A 25

รูปที่ 3.2 แฟนคอยล์ยูนิต FK-4-2 26

รูปที่ 3.3 คอนเดนเซอร์ยูนิต FK-4-2 26

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer) 27

รูปที่ 3.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer) 28

รูปที่ 3.6 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) 28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน 2

ตารางที่ 2.1 การกำหนดค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (COP) และค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER) 22

ตารางที่ 2.2 การกำหนดค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (COP) 23

ตารางที่ 2.3 ตารางค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24

สำหรับเครื่องขนาดไม่เกิน 8,000 W (27,296 Btu/hr) 24

ตารางที่ 2.4 ตารางค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน 24

สำหรับเครื่องขนาดมากกว่า 8,000 W (27,296 Btu/hr) 24

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบทำความเย็น 27

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างบันทึกผลการตรวจวัด 31

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการบันทึกระบบทำความเย็นของ FK-4-1 35

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการบันทึกระบบทำความเย็นของ FK-4-2 36

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการบันทึกระบบทำความเย็นของ FK-4-3 37

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบระหว่างระบบทำความเย็นประเภทเดิม(IV)กับการติดตั้งประเภทใหม่ (Ecolite) 38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

บริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี้จำกัด ก่อตั้งเมื่อพ.ศ. 2517 เป็นบริษัทในกลุ่มของ DIC Corporation ซึ่งเป็นบริษัท ผู้ผลิตเคมีภัณฑ์อันดับต้นของประเทศญี่ปุ่น บริษัทสยามเคมีคอลอินดัสตรี้จำกัดเป็นผู้ผลิตพอลิเมอร์สังเคราะห์อันดับหนึ่งของประเทศไทย ทั้งนี้ได้ผลิตพอลิเมอร์สังเคราะห์(เรซิ่น) สำหรับกลุ่มอุตสาหกรรมใหญ่ 3 กลุ่มด้วยกันคือ อุตสาหกรรมสีเคลือบ (Coating Resins) อตุสาหกรรมงานหล่อขึ้นรูป (Molding Resins) และสำหรับอุตสำหกรรมเฉพาะด้าน (Industrial Resins)

พอลิเมอร์สังเคราะห์(เรซิ่น)บางประเภทที่ได้จากกระบวนการการผลิตนั้นต้องเก็บรักษาในอุณหภูมิที่ต่ำกว่า 6 องศาเซลเซียล เพื่อคงคุณภาพผลิตภัณฑ์ไว้ก่อนออกจำหน่ายไปในและนอกประเทศ จึงจำเป็นที่ต้องใช้ห้องที่มีระบบทำความเย็นอย่างคุณภาพและประหยัดพลังงานไฟฟ้า โดยห้องที่มีระบบทำความเย็นนี้ได้ใช้สารทำความเย็นประเภท Chlorodifluoromethane ($ClCF_2H$) หรือ R-22 ในดูดซับและนำพาความร้อนด้วยการเปลี่ยนสถานะจากของเหลวให้เป็นไอเพื่อเป็นตัวกลางในกระบวนการการทำความเย็น ซึ่งสารทำความเย็นประเภท R-22 นี้มีส่วนกระกอบของสาร CFC และมีส่วนในการทำลายชั้นบรรยากาศของโลก

เนื่องจากประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นภาคีของอนุสัญญาเวียนนา ว่าด้วยการป้องกันชั้นบรรยากาศโอโซน ซึงมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดความตกลงในรูปแบบของสนธิสัญญาระหว่าง ประเทศในการแก้ไขปัญหาการทำลายชั้นบรรยากาศ แรกเริ่มมีประเทศต่างๆ เข้าร่วมเป็นภาคีสมาชิกทั้งสิ้น 28 ประเทศ มีการให้สัตยาบันที่เมืองเวียนนาในปีพ.ศ.2528 แต่เนื่องจาก อนุสัญญาไม่ได้มีข้อกำหนดในการปฏิบัติ จึงได้จัดทำ "พิธีสารมอนทรีออล" ขึ้นเพื่อเป็นข้อกำหนดให้ประเทศสมาชิกดำเนินการลดและเลิกใช้สารทำลายชั้นบรรยากาศโอโซน จึงไม่สามารถใช้สารทำความเย็น R-22 และระบบทำความเย็นแบบเดิมได้ ทั้งนี้ทางผู้จัดทำได้เล็งเห็นถึงปัญหาดังกล่าว จึงได้จัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาหลักการทำงาน,ส่วนประกอบ,การคำนวณประสิทธิที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น

1.2.2 เพื่อวิเคราะห์ปัญญาของระบบทำความแบบเก่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2.3 เพื่อเปลี่ยนระบบทำความเย็นที่ใช้สารทำความเย็นจาก R-22 มาใช้สารทำความเย็น R-134A

1.3 ขอบเขต

1.3.1 กำหนดให้ที่ประสิทธิภาพมอเตอร์ และประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน = 100 %

1.3.2 งานวิจัยนี้ได้ทำการรวิจัยที่ บริษัท สยามเคมีคอลอินดัสตรี้จำกัด

1.4 วิธีการดำเนินการ

1.4.1 ศึกษาหลักการทำงาน,ส่วนประกอบ,การคำนวณประสิทธิภาพที่เกี่ยวข้องกับระบบทำความเย็น

1.4.2 ศึกษาวิธีการใช้อุปกรณ์ในการตรวจวัดระบบทำความเย็น

1.4.3 ตรวจวัดค่าตัวแปรต่างที่เกี่ยวกับการคำนวณประสิทธิภาพของระบบทำความเย็น

1.4.4 เขียนโปรแกรมคำนวณในโปรแกรม Microsoft excel

1.4.5 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นระหว่างระบบทำความเย็นแบบเดิมและใหม่

1.4.6 เปรียบเทียบreturn of investment ระหว่างระบบทำความเย็นแบบเดิมและใหม่

1.4.7 วิเคราะห์และสรุปผลการวิจัย

ตารางที่ 1.1 แผนการดำเนินงาน

หัวข้อ	สิงหาคม				กันยายน				ตุลาคม				พฤศจิกายน			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ศึกษาหลักการทำงานระบบทำความเย็น	←	→														
ศึกษาวิธีการใช้อุปกรณ์		←	→													
ตรวจวัดค่าตัวแปรต่างๆที่ใช้คำนวณ			←	→												
คำนวณค่า COP ของระบบทำความเย็น						←	→									
วิเคราะห์ปัญหาของระบบทำความเย็น										←	→					
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ											←	→				
นำเสนอกับทางบริษัท															←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจในเรื่องระบบทำความเย็น

1.5.2 นักศึกษาสามารถช่วยบริษัทประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของระบบทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย

2.1 หลักการแลกเปลี่ยนพลังงานความร้อน [1]

หากพิจารณาหลักการของความร้อนจะพบว่า เมื่อสารได้รับความร้อนจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น และหากเป็นของแข็ง เมื่อได้รับความร้อนถึงจุด ๆ หนึ่งซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ของแข็งกลายเป็นสถานะ ของเหลวหรือที่เรียกว่าอุณหภูมิ ณ จุดหลอมเหลว อุณหภูมิ ณ จุดนี้จะไม่เพิ่มขึ้นจนกว่าของแข็งจะ กลายเป็นของเหลวทั้งหมด จากนั้นอุณหภูมิจึงจะเพิ่มขึ้นใหม่ อย่างไรก็ดีในขณะที่สารกำลังเปลี่ยนแปลงสถานะจากของแข็งกลายเป็นของเหลวนั้น สารกลับต้องการพลังงานความร้อนในการ เปลี่ยนแปลงสถานะมาก ยกตัวอย่างเช่น หากต้องการทำให้น้ำแข็ง 1 kg ละลายกลายเป็นน้ำทั้งหมด จะต้องใช้ปริมาณความร้อนทั้งหมดเท่ากับ 335 U (กิโลจูลน์) ซึ่งจะเทียบเท่ากับปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 kg มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 80 °C (ปริมาณความร้อนที่ทำให้น้ำ 1 kg มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °C ต้องใช้ปริมาณความร้อนเท่ากับ 4.19) ในทำนองเดียวกันสารที่มีสถานะของเหลวเมื่อได้รับความร้อนถึงระดับหนึ่ง ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิที่ทำให้ของเหลวเปลี่ยนกลายเป็นสถานะเป็นไอ หรือที่เรียกว่าอุณหภูมิ ณ จุดเดือด อุณหภูมิ ณ จุดนี้จะไม่เพิ่มขึ้นจนกว่าของเหลวเปลี่ยนกลายเป็นสถานะเป็นไอทั้งหมด จากนั้นอุณหภูมิจึงจะเพิ่มขึ้นใหม่ นอกจากนี้ยังพบความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ ณ จุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับความดันด้วยว่า หากสารอยู่ภายใต้ความดันต่ำ เช่นบริเวณที่สูงๆซึ่งจะมีความดันในบรรยากาศต่ำเมื่อเทียบกับระดับน้ำทะเล จะทำให้อุณหภูมิจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารจะลดลง ยกตัวอย่างเช่น เมื่อเราต้มน้ำในระดับน้ำทะเล น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิประมาณ 100 °C แต่เมื่อเราต้มน้ำบนภูเขาหรือที่สูงจะพบว่าน้ำเดือดที่อุณหภูมิต่ำกว่า 100 ° C เป็นต้น ในทำนองเดียวกันหากสารอยู่ภายใต้ความดันสูง เช่นบริเวณอุโมงค์หรือที่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเล จะทำให้ความดันในบริเวณดังกล่าวสูงกว่าที่ระดับน้ำทะเล อุณหภูมิจุดหลอมเหลวและจุดเดือดของสารจะเพิ่มขึ้น ทำให้หากต้มน้ำที่บริเวณนี้น้ำจะเดือดที่อุณหภูมิมากกว่า 100 °C แต่จะมากกว่าเท่าไรขึ้นอยู่กับระดับความลึกของอุโมงค์ว่าอยู่ต่ำกว่าระดับน้ำทะเลมากหรือน้อยเพียงใด จากหลักการทางความร้อนดังกล่าว ถ้าสามารถย้อนกระบวนการทางความร้อนด้วยการถ่ายเทความร้อนออกจากสารได้ ย่อมทำ ให้สารเปลี่ยนสถานะย้อนกลับ กล่าวคือจากสถานะก๊าซกลายเป็นของเหลว และจากสถานะ ของเหลวกลายเป็นของแข็ง โดยในขณะเปลี่ยนแปลงสถานะอุณหภูมิของสารจะคงที่ที่อุณหภูมิหนึ่ง ๆ ด้วย นอกจากนี้จากความสัมพันธ์ของอุณหภูมิจุดหลอมเหลวและจุดเดือดกับความดันทำให้สามารถสารจากสถานะก๊าซเปลี่ยนแปลงสถานะกลายเป็นของเหลว หรือจากสถานะของเหลวกลายเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของแข็งที่อุณหภูมิต่าง ๆ ได้ด้วย หากทำการเปลี่ยนแปลงความดัน กล่าวคือที่ความดันสูงอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารจะสูงตามไปด้วย และที่ความดันต่ำอุณหภูมิ ในการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารจะต่ำตามไปด้วยดังนั้นถหากมีสารตัวกลางหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลง สถานะจากของเหลวไปเป็นสถานะก๊าซได้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 0 °C หรือต่ำกว่าอุณหภูมิที่ต้องการทำจะความเย็น และสามารถทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะดังกล่าว ณ บริเวณพื้นที่ห้องที่ต้องการทำความเย็น ย่อมทำให้มีอุณหภูมิ ณ บริเวณพื้นที่ห้องนั้นมีอุณหภูมิลดลงจากการที่ความร้อนถูกดูดซับ โดยสารขณะที่สารกำลังเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเป็นสถานะก๊าซ และหากนำก๊าซที่ได้นี้ไป อัดเพิ่มความดันและอุณหภูมิให้สูงขึ้น โดยให้มีอุณหภูมิสูงกว่าบรรยากาศ ทำให้สามารถถ่ายเทความร้อนที่ดูดซับไว้ออกสู่บรรยากาศได้ ด้วยการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะย้อนกลับจาก ก๊าซกลับมาเป็นของเหลว ณ บริเวณบรรยากาศปกติ (นอกบริเวณพื้นที่ห้องที่ต้องการทำความเย็น) และหากนำของเหลวที่ได้นี้ไปลดความดันและอุณหภูมิลงสู่สภาวะในตอนเริ่มต้น จะสามารถนำของเหลวนี้กลับมาใช้ใหม่ได้ต่อไป การทำงานก็จะเกิดเป็นวัฏจักรโดยทั่วไปอุณหภูมิที่ต้องการทำ ความเย็นจะต่ำในระดับ 5 °C ลงมาจนถึงระดับ -20 °C หรือหากเป็นการแช่เยือกแข็งอาจถึง -40 °C ในขณะที่อุณหภูมิบรรยากาศโดยเฉลี่ยเท่ากับ 35 °C ดังนั้นเพื่อให้การถ่ายเทความร้อนในการดูดซับ ความร้อนออกจากตู้เย็นของสารทำความเย็นและการถ่ายเทความร้อนจากสารทำความเย็นออกสู่บรรยากาศภายนอกตู้เย็นเป็นไปด้วยดี อุณหภูมิในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเป็นสถานะก๊าซในขณะดูดซับความร้อนจึงควรต่ำกว่าอุณหภูมิในตู้เย็นประมาณ 5 - 10 °C นอกจากนี้อุณหภูมิในขณะที่สารทำความเย็นเปลี่ยนแปลงสถานะจากก๊าซเป็นของเหลวในขณะคายความร้อนควรสูงกว่าอุณหภูมิบรรยากาศภายนอกประมาณ 5 - 10 °C เช่นกัน นั่นคือสารทำความเย็น ที่นำมาใช้เป็นสารตัวกลางในการถ่ายเทความร้อน ต้องมีสมบัติในการเปลี่ยนแปลงสถานะจาก ของเหลวเป็นก๊าซที่อุณหภูมิต่ำ ณ ความดันต่ำ และมีสมบัติในการเปลี่ยนแปลงสถานะจากก๊าซเป็น ของเหลวที่อุณหภูมิสูง ณ ความดันสูง

2.2 คำจำกัดความทางเทอร์โมไดนามิกส์ที่เกี่ยวข้องกับการทำความเย็น

ระบบทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamics System) คือปริมาณของสสารหรือมวลสาร ที่มีค่าแน่นอนจำนวนหนึ่งซึ่งกำลังสนใจศึกษาอยู่ โดยมีขอบเขตของระบบเป็นเกณฑ์ในการระบุให้ ทราบถึงปริมาณของสสารหรือมวลสารนั้น สำหรับทุกสิ่งทุกอย่างที่อยู่นอกขอบเขตของระบบถือ เป็นสิ่งแวดล้อมของระบบ ยกตัวอย่างในระบบการทำความเย็น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงของไอ สารทำความเย็นภายในกระบอกสูบของเครื่องอัด จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนด ให้ไอสารทำความเย็นคือระบบ โดยมี ผนังของกระบอกสูบและผิวหน้าของลูกสูบเป็นขอบเขต ส่วนตัว กระบอกสูบ ลูกสูบ และอากาศ รอบ ๆ ถือเป็นสิ่งแวดล้อม

สมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบ (Thermodynamics property of system) คือสมบัติ ของระบบ ซึ่งทำหน้าที่กำหนดหรือบ่งบอกถึงสภาวะ (State) ของระบบว่ามีสภาวะในขณะนั้นอยู่ ในสภาพใด สมบัติทาง เทอร์โมไดนามิกส์มีมากมายหลายอย่าง แต่สมบัติที่สำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับการ ทำความเย็น ได้แก่ ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร พลังงานภายใน เอนทัลปี และ เอนโทรปี การทราบสมบัติเหล่านี้ในแต่ละสภาวะช่วยให้สามารถ ออกแบบ และคำนวณภาระงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ใน ระบบได้อย่างถูกต้อง ในลักษณะทำนองเดียวกับการทราบ พิกัด x, y และ 2 ในการระบุตำแหน่งของ วัตถุในทางกลศาสตร์ในแต่ละตำแหน่ง ทำให้สามารถคำนวณระยะทาง ในการเคลื่อนที่ของวัตถุ หรือค่าอื่น ๆ ได้)

ความสมดุลทางเทอร์โมไดนามิกส์ของระบบ (Thermodynamics equilibrium of system) คือการที่ ระบบคงสภาวะเดิมตลอดไปโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ เกิดขึ้น ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร พลังงานภายใน เอนทัลปี และเอนโทรปีมีค่าคงที่)

ความดัน คือแรงที่กระทำตั้งฉากต่อหน่วยพื้นที่ที่แรงนั้นกระทำ ในระบบที่สมดุล ความดันณ จุดใด ๆ จะมี ค่าเท่ากันทุกทิศทุกทาง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความดันคือ P หน่วยของความดันใน ระบบ SI คือ นิวตันต่อตาราง เมตรหรือที่เรียกว่าพาสคัล (Pascal) ใช้สัญลักษณ์ Pa ในระบบอังกฤษ คือ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ใช้สัญลักษณ์ psi

ความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) คือความดันของอากาศรอบ ๆ โลกที่กระทำ ต่อ พื้นผิวโลกเนื่องจากอิทธิพลของแรงโน้มถ่วง ความดันบรรยากาศ ณ ระดับน้ำทะเลมาตรฐานมีค่า เท่ากับ 101.325 kPa หรือ 14,696 psi ซึ่งโดยปกติมักใช้ค่าที่ 14.7 psi สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความดัน บรรยากาศคือ Patm

ความดันมาตรวัด (Gage pressure) คือความดันที่อ่านได้จากมาตรวัด เนื่องจากความดัน มาตรวัดจะมี การปรับค่าศูนย์ ณ ความดันบรรยากาศมาตรฐาน ดังนั้น 0 kPa ของความดันมาตรวัด = 101.325 kPa ของความ ดันบรรยากาศ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความดันมาตรวัดคือ Pgage

ความดันสุญญากาศ (Vacuum pressure) คือความดันที่อ่านได้จากมาตรวัด แต่เป็นค่าที่ต่ำ กว่าความ ดันบรรยากาศ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความดันสุญญากาศคือ Pvae

ความดันสัมบูรณ์ (Absolute pressure) คือความดันที่แท้จริงของระบบ เนื่องจากความดัน มาตรวัด เป็นค่าที่อ่านได้เทียบกับความดันบรรยากาศ ดังนั้นความดันสัมบูรณ์จึงมีค่าเท่ากับความดัน มาตรวัดบวกด้วยความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดันบรรยากาศ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความดันสัมบูรณ์คือ Pabs ความสัมพันธ์ระหว่างความดันสัมบูรณ์ ความดันมาตรวัด ความดันสุญญากาศ และความดันบรรยากาศแสดงเป็น สมการ ได้ดังนี้

Pabs = Patm +Pgage (1.1)

เมื่อความดันมาตรวัดเป็นบวกหรือมากกว่าความดันบรรยากาศ และ

Pabs = Patm – Pvac (1.2)

เมื่อความดันมาตรวัดเป็นสุญญากาศหรือน้อยกว่าความดันบรรยากาศ

อุณหภูมิ คือสมบัติอย่างหนึ่งของระบบซึ่งใช้เป็นตัวบ่งชี้เกี่ยวกับระดับความร้อนของมวล สารในระบบ และใช้บอกถึงความสมดุลทางความร้อนของระบบ ระบบที่มีอุณหภูมิเท่ากันจะมี ความสมดุลทางความร้อนต่อกัน อย่างไรก็ดีอุณหภูมิอย่างเดียวไม่สามารถบอกให้ทราบถึงปริมาณความร้อนได้(ทำนองเดียวกับความสูงบ่งบอกให้ทราบถึงระดับน้ำ แต่ไม่ได้บอกให้ทราบว่าปริมาตร ของน้ำมีปริมาณเท่าไร) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนอุณหภูมิคือ T หน่วยของอุณหภูมิในระบบ SI คือ องศา เซลเซียส (Celsius) ใช้สัญลักษณ์ °C ในระบบอังกฤษ คือ องศาฟาเรไฮท์ (Fahrenheit) ใช้ สัญลักษณ์ °F

อุณหภูมิสัมบูรณ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ (Thermodynamic absolute temperature) คือ ค่าอุณหภูมิที่วัดเทียบกับจุดไตรภาคของน้ำซึ่งเป็นจุดที่น้ำบริสุทธิ์ทั้งสามสถานะอยู่ด้วยกันอย่างสมดุล ในระบบ SI กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 273.16 K (เคลวิน) (ไม่มีเครื่องหมายองศา) และกำหนดให้ 273.16 K = 1 ° C โดยผลต่างอุณหภูมิ 1 K = 1 °C สำหรับในระบบอังกฤษอุณหภูมิสัมบูรณ์มีค่า เท่ากับ460 °R (แรงคิน) และกำหนดให้ 460 R = 32 °F โดยผลต่างอุณหภูมิ 1 PR = 1 °F

ความร้อน คือพลังงานรูปแบบหนึ่งและสามารถแปลงให้เป็นพลังงานรูปแบบอื่น ๆ ได้ รวมทั้งพลังงานรูปแบบอื่น ๆ สามารถแปลงให้เป็นพลังงานความร้อนได้เช่นกัน ในทางเทอร์โมไดนามิกส์ความร้อนเป็นพลังงานที่สมารถถ่ายเทจากวัตถุหนึ่งไปสู่วัตถุอีกอันหนึ่ง โดยที่หากวัตถุทั้งสองมีอุณหภูมิที่แตกต่างกัน โดยความร้อนจะถ่ายเทจากแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงไปสู่แหล่งที่มีอุณหภูมิต่ำ เสมอ (ทำนองเดียวกับฝ้าที่ไหลจากที่สูงไปสู่ที่ต่ำ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความร้อนคือ Q หน่วยของ ความร้อนในระบบ SI คือ kj ในระบบอังกฤษ คือ Btu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเย็น คือสภาวะอุณหภูมิต่ำ หรือการขาดแคลนความร้อน ความเย็นเป็นผลจากการ เคลื่อนที่ของความร้อน เครื่องทำความเย็นผลิต “ความเย็น” ด้วยการดึงความร้อนจากภายในห้อง ที่ต้องการทำความเย็น

ความร้อนจำเพาะ (Specific heat) คือค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้มวลหนึ่งหน่วยมี อุณหภูมิเพิ่มขึ้นหนึ่งองศา ในระบบ SI คือปริมาณความร้อน ( ) ที่ทำให้มวล 1 kg มีอุณหภูมิ เพิ่มขึ้น 1C (หรือ 1 K) ในระบบอังกฤษ คือปริมาณความร้อน (Bu) ที่ทำให้มวล 1 ปอนด์ มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °F (หรือ 1 °R) สัญลักษณ์ที่ใช้แทนความร้อนจำเพาะคือ c หน่วยของความ ร้อนจำเพาะในระบบ SI คือ กิโลจูลน์เกิโลกรัมเคลวิน (kJ/kgK) ในระบบอังกฤษ คือ บีทียู ปอนด์ องศาแรงคน (Bulb R) อย่างไรก็ดีความร้อนจำเพาะยังแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ความร้อน จำเพาะที่ความดันคงที่ สัญลักษณ์ที่ใช้คือ cp และความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่ สัญลักษณ์ที่ใช้คือ cy โดยความร้อนจำเพาะที่ความดันคงที่มีค่ามากกว่าความร้อนจำเพาะที่ปริมาตรคงที่ของสารชนิด เดียวกัน

ความร้อนสัมผัส (Sensible heat) คือค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้มวลสารมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น หรือลดลงโดยสถานะไม่เปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝง (Latent heat) คือค่าปริมาณความร้อนที่ทำให้มวลสารเปลี่ยนแปลงสถานะ โดยอุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง

ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Latent heat of vaporization) คือปริมาณความร้อน แฝงที่ทำให้มวลสารเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวกลายเป็นไอ

ความร้อนแฝงของการควบแน่น (Latent heat of condensation) คือปริมาณความร้อนแฝงที่ ทำให้มวลสารเปลี่ยนแปลงสถานะจากไอกลายเป็นของเหลว

อุณหภูมิอิ่มตัว (Saturation temperature) คืออุณหภูมิซึ่งของไหล (ของเหลวหรือก๊าซ) จะเปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ หรือจากก๊าซเป็นของเหลว กรณีเปลี่ยนแปลงสถานะจาก ของเหลวเป็นก๊าซเรียกว่าอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว กรณีเปลี่ยนแปลงสถานะจากก๊าซเป็นของเหลว เรียกว่าอุณหภูมิกาซอิ่มตัว

ผลของความดันต่ออุณหภูมิอิ่มตัว (Effect of pressure on the saturation temperature) คือผลกระทบต่อการเพิ่มความดันหรือลดความดันให้กับของไหลจะทำให้ของไหล (ของเหลวหรือ ก๊าซ) เปลี่ยนแปลงสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซ หรือจากก๊าซเป็นของเหลว ณ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น หรือลดลงตามการเพิ่มความดันหรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดความดันนั้น กล่าวคือความร้อนยิ่งสูง อุณหภูมิอิ่มตัวจะสูง ตามไปด้วย และความดันยิ่งลด อุณหภูมิอิ่มตัวจะลดลงตามไปด้วย

การกลายเป็นไอ (Vaporization) คือการที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซทั่ว ทุก ๆ ส่วนของของเหลว ณ อุณหภูมิอิ่มตัวและอยู่ในสภาพเดือด

การระเหย (Evaporation) คือการที่ของเหลวเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นก๊าซเฉพาะ บริเวณพื้นผิวของของเหลวที่สัมผัสกับอากาศ ณ อุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวของของเหลวที่ ความดันเท่ากัน

ผลของความเย็นจากการระเหย (Cooling effect of evaporation) คือการที่อุณหภูมิของ ของเหลวที่เหลืออยู่ (ของเหลวที่ยังไม่ระเหย) มีอุณหภูมิลดต่ำลงจากผลของการดูดซับความร้อนไป ใช้ในการระเหยของของเหลวที่ระเหยไป (เท่ากับค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ)

ไอดงหรือไอร้อนยิ่งยวด (Superheated vapor) คือไอที่มีอุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวของ การกลายเป็นไอ (อุณหภูมิกาซอิ่มตัว) ที่ความดันเท่ากันของเหลวอัด (Compressed liquid) หรือ ของเหลวเป็นยิ่ง (Subcooled liquid) คือ ของเหลวที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัวของของเหลว อุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว) ที่ความดันเท่ากัน

ปริมาตร (Volume) คืออาณาบริเวณที่มวลสารที่กำลังสนใจศึกษาอยู่ครอบครองไว้ โดยมี พื้นผิวเป็นขอบเขตกั้นแสดงอาณาบริเวณนั้น สัญลักษณ์ที่ใช้แทนปริมาตรคือ V หน่วยของปริมาตร ในระบบ SI คือ ลูกบาศก์เมตร (m) ในระบบอังกฤษ คือ ลูกบาศก์ฟุต (P) หรือลูกบาศก์นิ้ว (in)

ปริมาตรจำเพาะ (Specific volume) คือปริมาตรต่อหน่วยมวลสารของระบบ ดังนั้น ปริมาตรจำเพาะจึงไม่ขึ้นกับมวลของระบบ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนปริมาตรจำเพาะคือ v หน่วยของ ปริมาตรจำเพาะในระบบ SI คือ ลูกบาศก์เมตรต่อกิโลกรัม (m/kg) ในระบบอังกฤษ คือ ลูกบาศก์ ฟุตต่อปอนด์ (P/lb) หรือลูกบาศก์นิ้วต่อปอนด์ (in/lb)

พลังงาน (Energy) คือความสามารถในการทำงานได้ของมวลสารหรือวัตถุ สัญลักษณ์ที่ใช้ แทนพลังงาน คือ E หน่วยของพลังงานในระบบ SI คือ นิวตัน-เมตร (N-m) หรือจูลน์ (J) ในระบบ อังกฤษคือ ฟุต-ปอนด์ (ft-lb) พลังงานแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ อย่างไรก็ดีในระบบการทำความเย็นพลังงานที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกี่ยวข้องเป็นหลักคือความร้อน ดังนั้นหน่วยของ พลังงานที่ใช้จึงเป็นหน่วยของความร้อนซึ่งในระบบ SI คือ kJ และในระบบอังกฤษ คือ Bu โดย 1 Btu = 1.0551kl = 778.17 ft-lb

พลังงานจลน์ (Kinetic energy) คือพลังงานอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่หรือความเร็วของ มวลสารหรือวัตถุ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลังงานจลน์คือ KE

พลังงานศักย์ (Potential energy) คือพลังงานอันเนื่องมาจากความแตกต่างของระดับ ระหว่างตำแหน่งของมวลสารหรือวัตถุเทียบกับตำแหน่งอ้างอิงตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง สัญลักษณ์ ที่ใช้แทนพลังงานศักย์คือ PE

พลังงานภายใน (Internal energy) คือความสามารถในการทำงานได้ของโมเลกุลภายใน มวลสารหรือวัตถุ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลังงานภายในคือ U มีหน่วยเช่นเดียวกับพลังงานและแบ่ง ออกได้เป็น 2 ชนิด เช่นกันคือ พลังงานจลน์ภายใน และพลังงานศักย์ภายใน

พลังงานจลน์ภายใน (Internal kinetic energy) คือพลังงานอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่หรือ ความเร็วของโมเลกุลภายในมวลสารหรือวัตถุ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนพลังงานจลน์ คือ K

พลังงานศักย์ภายใน (Internal potential energy) คือพลังงานจากการแยกชั้นของโมเลกุล เป็นพลังงานที่โมเลกุลมีอยู่อันเนื่องมาจากตำแหน่งของโมเลกุลนั้นเทียบกับตำแหน่งของโมเลกุล อ้างอิง ยิ่งระดับของการแยกชั้นของโมเลกุลยิ่งมากพลังงานศักย์ภายในยิ่งสูง สัญลักษณ์ที่ใช้แทน พลังงานศักย์คือ P

พลังงานภายในจำเพาะ (Specific internal energy) คือพลังงานภายในต่อหน่วยมวลสาร ของระบบ ดังนั้นปริมาตรจำเพาะจึงไม่ขึ้นกับมวลของระบบ

เอนทัลปี คือสมบัติสมบัติหนึ่งที่ใช้เป็นตัวแทนกลุ่มสมบัติของมวลสาร ได้แก่ พลังงาน ภายใน(U) ความดัน (P) และปริมาตร (V) เนื่องจากสมบัติเหล่านี้มักปรากฏอยู่ด้วยกันในรูป U+ PV ดังนั้นเพื่อความสะดวกจึงแทนกลุ่มสมบัตินี้ด้วยสมบัติตัวหนึ่งและให้ชื่อว่า เอนทัลปี สัญลักษณ์ที่ใช้ แทนเอนทัลปี คือ H หน่วยของเอนทัลปีเป็นเช่นเดียวกับหน่วยของพลังงานเอนทัลปีจำเพาะ (Specific enthalpy) คือเอนทัลปีต่อหน่วยมวลสารของระบบ แต่โดยปกติ จะใช้ค่าเอนทัลปีจำเพาะเป็นหลักมากกว่าเอนทัลปีรวม (H) ในทางปฏิบัติคำว่า เอนทัลปี จึง หมายถึง เอนทัลปีจำเพาะ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเอนทัลปีจำเพาะ คือ h หน่วยของเอนทัลปีจำเพาะใน ระบบ SI คือกิโลจูลน์ต่อกิโลกรัม (kJ/kg) ในระบบอังกฤษ คือบีทียู ปอนด์ (Btu/lb)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอนโทรปี คือสมบัติสมบัติหนึ่งที่ใช้แทนอัตราการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน (0) ที่ ถ่ายเทสู่มวลสาร ต่อระดับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (T) ที่นำมวลสารสู่สภาวะนั้นจากจุดอ้างอิงจุดใดจุด หนึ่งสัญลักษณ์ที่ใช้แทนเอนโทรปี คือ S แต่เนื่องจากเอนโทรเป็นสมบัติที่เทียบกับอัตราการ เปลี่ยนแปลงพลังงาน จึงนิยามเอนโทรปีด้วยสมการที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของเอนโทรปี ดังนี้

$$S = Q/T \qquad (1.3)$$

หน่วยของเอนโทรปีในระบบ SI คือ kJ/K ในระบบอังกฤษ คือ Btu R

เอนโทรปีจำเพาะ (Specific entropy) คือเอนโทรปีต่อหน่วยมวลสารของระบบ แต่โดย ปกติจะใช้ค่าเอนโทรปีจำเพาะเป็นหลักเช่นเดียวกับเอนทัลปีในทางปฏิบัติคำว่า เอนโทรปี จึง หมายถึงเอนโทรปีจำเพาะ สัญลักษณ์ที่ใช้แทนเอนโทรปีจำเพาะ คือ 5 หน่วยของเอนโทรปีจำเพาะ ในระบบ SI คือ kJ/kg ในระบบอังกฤษ คือ Btu/lb ″R

กระบวนการ คือการเปลี่ยนแปลงของระบบจากสภาวะหนึ่งไปสู่อีกสภาวะหนึ่ง อาจเป็น การเปลี่ยนแปลง ความดัน อุณหภูมิ ปริมาตร พลังงานภายในเอนทัลปี หรือเอนโทรปี อย่างใดอย่าง หนึ่งเพียงอย่างเดียวหรือหลายอย่าง หรือทั้งหมดก็ได้

วัฏจักร คือการเปลี่ยนแปลงตามกระบวนการต่าง ๆ ของระบบจนในที่สุดระบบกลับมี สภาวะเหมือนกับสภาวะเริ่มต้นอีกครั้ง หรือเรียกว่าระบบผ่านการเปลี่ยนแปลงครบ “วัฏจักร ”

2.3 วัฏจักรการทำความเย็นแบบอัดไอในการทำงานจริง

ระบบในทางปฏิบัติในการทำงานจริงวัฏจักรที่พบเจอจะแตกต่างจากวัฏจักรอุดมคติพื้นฐานอยู่บ้าง เนื่องจากผลของความดันลดที่เกิดขึ้นจากการไหลของสารทำความเย็น รวมทั้งผลที่เกิดขึ้น จากการถ่ายเทความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม ทั้งนี้ โดยปกติอุณหภูมิของสารทำความเย็น ของวัฏจักรในการทำงานจริงที่ออกจากเครื่องควบแน่นมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิอิ่มตัว ในลักษณะ ของเหลวเย็นยิ่ง เพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีไอสารทำความเย็นเข้าสู่วาล์วขยายตัวรวมทั้งช่วยเพิ่ม ประสิทธิผลการทำความเย็นด้วย นอกจากนี้สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องระเหยมีอุณหภูมิที่สูง กว่าอุณหภูมิไออิ่มตัวด้วย เพื่อให้มั่นใจว่ามีเฉพาะไอสารทำความเย็นแห้งเท่านั้นที่เข้าสู่เครื่องอัด เนื่องจากสารทำความเย็นในสถานะของเหลว ถ้าปะปนไปกับไอสารทำความเย็นอาจทำความเสียหายต่อเครื่องอัดได้ สุดท้ายกระบวนการอัดไม่ได้เป็นกระบวนการ ไอเซนโทรปิกอย่างสมบูรณ์ จากผลของแรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียดทานในระบบ และกระบวนการขยายตัวในวาล์วขยายตัวเพื่อลดความดัน สารทำ ความเย็นไม่ได้เป็นกระบวนการในกษณะเอนทัลปีองที่อย่างสมบูรณ์ด้วย จากผลของแรงเสียดทาน ในระบบเช่นกัน

2.4 ชนิดของสารทำความเย็น

สารทำความเย็นที่มีใช้งานในปัจจุบันสามารถแบ่งออกได้เป็น 7 ประเภทใหญ่ๆ ตาม องค์ประกอบทางเคมี และสมบัติของสารทำความเย็น ดังนี้

2.4.1 สารทำความเย็นกลุ่มฮาโลคาร์บอน (Halocarbon compounds)

สารกลุ่มนี้เป็นสารสังเคราะห์ของมีเทน (Methane) อีเทน (Ethane) เป็นสารทำความเย็นที่ ใช้งานเป็นส่วนใหญ่ในปัจจุบันทั้งในเครื่องทำความเย็นที่ใช้ในครัวเรือน ใช้เชิงพาณิชย์ และ ในทางอุตสาหกรรมการทำความเย็น แบ่งออกเป็น 3 กลุ่มตามองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้

1. สารทำความเย็นตระกูล CFC (Chlorofluorocarbon) เป็นสารทำความเย็นที่มีคลอรีน (Cl) ฟลูออรีน (F) และคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบ เช่น สารทำความเย็น Dichloromonofluoromethane (R-12)
2. สารทำความเย็นตระกูล HCFC (Hydrochlorofluorocarbon) เป็นสารทำความเย็นที่มีไฮโดรเจน (H) คลอรีน (Cl) ฟลูออรีน (F) และคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบ เช่น สารทำความเย็น Monochlorodifluoromethane (R-22)
3. สารทำความเป็นตระกูล HFC (Hydrofluorocarbon) เป็นสารทำความเย็นที่มีไฮโดรเจน (H) ฟลูออรีน (F) และคาร์บอน (C) เป็นองค์ประกอบ เช่นสารทำความเย็น Tetrafluoroethane (R-134a)

2.4.2 สารทำความเย็นผสมชนิดซีโอโทรปิก (Zeotropic blends)

สารกลุ่มนี้เป็นสารทำความเย็นที่ได้จากการนำสารที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกันตั้งแต่ สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน สารที่นำมาผสมกันอาจมีสมบัติเป็นสารทำความเป็นอยู่เดิมที่มีใช้อยู่หรือ อาจเป็นสารอื่นก็ได้ ทำให้ได้สารทำความเย็นชนิดใหม่ขึ้นมาที่มีสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานบาง ลักษณะสำหรับสมบัติของสารทำความเย็นที่ได้เมื่อมาใช้ในระบบการทำความเย็น ขณะเปลี่ยนแปลง สถานะจากไอควบแน่นเป็นสารทำความเย็นเหลว หรือจากสารทำความเย็นเหลวเดือดกลายเป็นไอ อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะ (Temperature glide) จะต่างกัน ค่อนข้างมาก เช่นสารทำความเย็น R-407 C ซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความ เย็น Difluoromethane (R-32) จำนวนร้อยละ 23 สารทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pentafluoroethane (R-125) จำนวนร้อยละ 25 และสารทำความเย็นTetrafluoroethane (R-134a) จำนวนร้อยละ 52 โดยมวลหนัก มี อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะเท่ากับ 4.9 °C เป็นต้น

เนื่องจากอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิสุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะเปลี่ยนไป ทำให้ขณะ เปลี่ยนแปลงสถานะสารทำความเย็นที่ผสมกันอยู่สามารถแยกตัว ส่งผลให้อัตราส่วนหรือความ เข้มข้นของสารทำความเย็นผสมที่เหลือเปลี่ยนไป ดังนั้นเมื่อใช้สารทำความเย็นกลุ่มนี้ เมื่อต้องมีการ เติมสารทำความเย็นหรือการถ่ายสารทำความเย็นออกต้องทำในสภาวะที่สารทำความเย็นมีสถานะ เป็นของเหลว

2.4.3 สารทำความเย็นผสมชนิดถึงอะซีโอโทรปิก (Semi-azeotropic blends)

สารกลุ่มนี้เป็นสารทำความเย็นที่ได้จากการนำสารที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกันตั้งแต่ สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ในทำนองเดียวกับสารทำความเย็นผสมชนิดซีโอโทรปิก เพียงแต่สารทำ ความเย็นใหม่ที่ได้เมื่อมาใช้ในระบบการทำความเย็น ขณะเปลี่ยนแปลงสถานะจากไอควบแน่นเป็น สารทำความเย็นเหลว หรือจากสารทำความเย็นเหลวเดือดกลายเป็นไอ อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิ สุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะจะต่างกันน้อยจนสามารถตัดทิ้งไม่นำมาคิดได้ เช่นสารทำความเย็น R-404A ซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความเย็น Pentafluoroethane (R-125) จำนวนร้อยละ 44 สารทำความเย็น Trifluoroethane (R-143a) จำนวนร้อยละ 52 และสารทำความ เป็น Tetrafluoroethane (R-134a) จำนวนร้อยละ 4 โดยมวลหนัก มีอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิ สุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะเท่ากับ 0.7 °C เป็นต้น อย่างไรก็ดีเมื่อต้องมีการเติมสารทำความเย็นหรือการถ่ายสารทำความเย็นออกควรทำในสภาวะที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลว เช่นเดียวกับสารทำความเย็นกลุ่มซีโอโทรปิก

2.4.4 สารทำความเย็นผสมชนิดอะซีโอโทรปิก (Azeotropic blends)

สารกลุ่มนี้เป็นสารทำความเย็นที่ได้จากการนำสารที่มีส่วนประกอบทางเคมีต่างกันตั้งแต่ สองชนิดขึ้นไปมาผสมกัน ในทำนองเดียวกับสารทำความเย็นผสมชนิดซีโอโทรปิก เพียงแต่สารทำ ความเย็นใหม่ที่ได้เมื่อมาใช้ในระบบการทำความเย็น ขณะเปลี่ยนแปลงสถานะจากไอควบแน่นเป็น สารทำความเย็นเหลว หรือจากสารทำความเย็นเหลวเดือดกลายเป็นไอ อุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิ สุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะจะเป็นค่าเดียวกันเหมือนสารทำความเย็นเดี่ยว เช่นสารทำความเย็น R-502 ซึ่งเป็นสารทำความเย็นที่มีส่วนผสมของสารทำความเย็น Monochlorodifluoromethane (R-22) จำนวนร้อยละ 48.8 และสารทำความเย็น Monochloropentatluoroethane (R-115) จำนวน ร้อยละ 51.2 โดยมวลหนัก มีอุณหภูมิเริ่มต้นและอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สุดท้ายขณะเปลี่ยนแปลงสถานะเท่ากับ 0 °C เป็นต้น สำหรับการเติมสารทำความเย็นหรือการถ่ายสารทำความเย็นออกสามารถทำได้ทั้งในสภาวะ ที่สารทำความเย็นมีสถานะเป็นของเหลวหรือก๊าซ

2.4.5 สารทำความเย็นกลุ่มสารอินทรีย์ (Organic compounds)

สารกลุ่มนี้เป็นสารทำความเย็นที่มีสารอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ เช่น บิวเทน (Butane)

2.4.6 สารทำความเย็นกลุ่มสารอนินทรีย์ (Inorganic compounds)

สารกลุ่มนี้เป็นสารทำความเย็นที่มีสารอนินทรีย์เป็นองค์ประกอบ ถือเป็นสารทำความเย็น ยุคแรก ๆ ที่ใช้ในการทำความเย็น เช่น แอมโมเนีย คาร์บอนไดออกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ เป็น ต้นเนื่องจากสารทำความเย็นในกลุ่มนี้เป็นสารที่ค่อนข้างอันตราย และต้องอาศัยการควบคุมดูแล อย่างใกล้ชิดจึงไม่เป็นที่นิยมใช้โดยทั่วไป ในปัจจุบันที่มีใช้งานในทางอุตสาหกรรมการทำความเย็น เป็นหลัก ได้แก่แอมโมเนีย เนื่องจากมีราคาถูก และมีค่าความร้อนจำเพาะสูง

2.4.7 สารทำความเย็นกลุ่มสารอินทรีย์ที่ไม่อิ่มตัว (Unsaturated organic compounds)

สารกลุ่มนี้เป็นสารทำความเย็นที่มีสารอินทรีย์ที่ไม่อิ่มตัวเป็นองค์ประกอบ เช่น เอทิลีน (Ethylene) โปรพิลีน (Propylene) เป็นต้น

2.5 ผลกระทบของสารทำความเย็นตระกูล CFC ต่อสภาพแวดล้อม

หลังจากใช้งานสารทำความเย็นในตระกูล CFC (Chlorofluorocarbon) อยู่นานมากกว่า 40 ปี ในต้นทศวรรษที่ 1970sนักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบว่าสารทำความเย็นในตระกูลนี้มีผลกระทบต่อ สภาพแวดล้อมในชั้นบรรยากาศอย่างมาก เนื่องจากความมีเสถียรภาพมากของสารทำความเย็นทำให้ มีอายุอยู่ในบรรยากาศได้นาน และการที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบจึงเป็นตัวการในการทำลาย โอโซนในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ (ชั้นบรรยากาศที่ความสูงระหว่าง 12 - 50 กิโลเมตรจาก พื้นผิวโลก) ซึ่งหน้าที่ของโอโซนในบรรยากาศชั้นนี้เป็นประโยชน์ต่อสิ่งมีชีวิต ที่สำคัญได้แก่ การ เป็นสารดูดซึมรังสีอัลตราไวโอเรตไว้ประมาณร้อยละ 95 ซึ่งรังสีอัลตราไวโอเรตนี้หากส่งผ่านมาสู่ พื้นผิวโลกมากจะเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตบนผิวโลก รวมทั้งโอโซนยังเป็นตัวกำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิของ ชั้นบรรยากาศด้วยการแผ่ความร้อนที่ดูดซึมไว้ให้กระจายในชั้นบรรยากาศ ทำให้อุณหภูมิพื้นผิวโลกไม่ร้อนเกินไปในตอนกลางวันและไม่เย็นเกินไปในตอนกลางคืน

นอกจากทำให้โอโซนในชั้นบรรยากาศลดลงแล้ว สารทำความเย็นตระกูล CFC ยังมีส่วนทำ ให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้นจากการที่ก๊าซแผ่ปกคลุมในลักษณะภาวะเรือนกระจก (Greenhouse gases) อีกด้วยทำให้รังสีความร้อนจากพื้นผิวโลกไม่สามารถกระจายออกสู่ชั้นบรรยากาศชั้นสูง ๆ ขึ้นไป ได้

ในส่วนของสารทำความเย็นตระกูล HCFC เนื่องจากมีระยะเวลาในการคงสภาพอยู่ใน บรรยากาศสั้นกว่า รวมทั้งยังมีไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบที่ช่วยลดปฏิกิริยาที่ทำให้เกิดคลอรีนได้ น้อยลง ดังนั้นถึงแม้จะมีคลอรีนเป็นองค์ประกอบเช่นเดียวกับสารทำความเย็นตระกูล CFC แต่มี คลอรีนไปทำลายโอโซนได้น้อยกว่ามาก อย่างไรก็ดียังมีคลอรีนบางส่วนเกิดขึ้น และมีผลต่อการ ทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศเช่นกัน

จากการค้นพบผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมดังกล่าวทำให้มีความพยายามที่จะแสวงหาสารทำ ความเป็นตัวใหม่ ๆ ที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด ในขณะที่มีความเป็นพิษและ ผลกระทบทางด้านอื่นน้อยเช่นกัน แต่ยังคงมีสมบัติในการทำความเย็นได้ดี ผลการวิจัยและพัฒนา พบว่าสารทำความเย็นตระกูล HFC (Hydrofluorocarbon) เป็นสารทำความเย็นที่สามารถนำมา ทดแทน สารทำความเป็นตระกูล CFC และสารทำความเย็นตระกูล HCFC ได้เป็นอย่างดี อย่างไรก็ดี จำเป็นต้องดัดแปลงระบบบางส่วน หรือออกแบบอุปกรณ์ในระบบใหม่หมด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสารทำ ความเย็นที่ใช้อยู่เดิม

2.6 หลักการทำความเย็น [3]

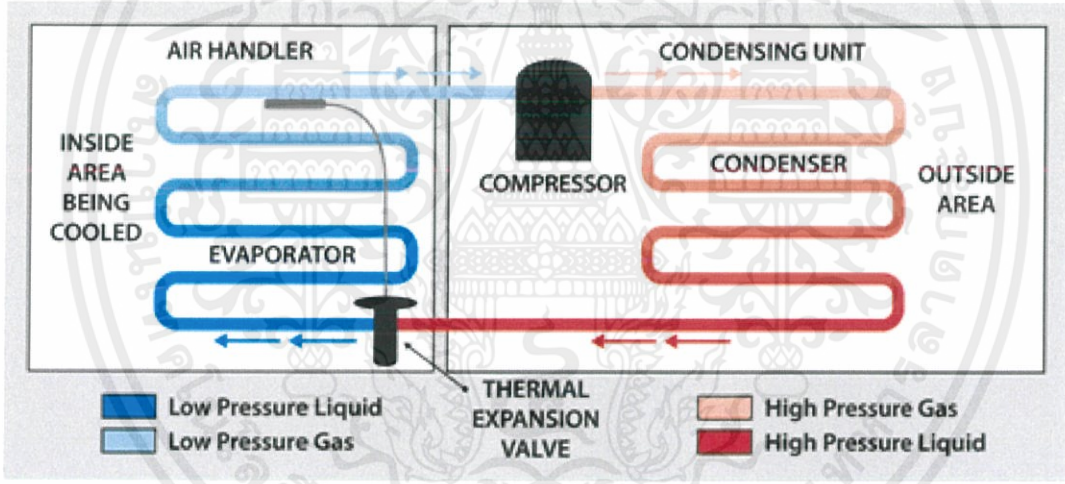
เครื่องทำความเย็นในปัจจุบัน มีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับความต้องการในการใช้งาน ทั้งตู้เย็น ตู้แช่ ห้องเย็น โรงน้ำแข็ง เครื่องปรับอากาศ การทำความเย็นในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป ด้วยวัตถุประสงค์เดียวกันคือ ลดอุณหภูมิและรักษาระดับอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่กำหนด

โดยหลักการทำให้เกิดความเย็นเบื้องต้นนั้นมีลักษณะเหมือนกันคือ ทำให้สารซึ่งเป็นตัวกลางในการทำความเย็น (Refrigerant) เปลี่ยนสถานะด้วยการใช้ความร้อนแฝง เพื่อให้สารที่เป็นตัวกลางในการทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นไอ ส่งผลให้บริเวณนั้นมีอุณหภูมิลดลง ซึ่งหมายความว่าบริเวณนั้นจะมีความเย็นเกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นกระบวนการทำความเย็นจากการดูดความร้อนด้วย Evaporator หรือคอยล์เย็น เข้ามาซึ่งความร้อนที่สารทำความเย็นดูดเข้ามานี้จะทำให้น้ำยาสารทำความเย็นเกิดความร้อนและเปลี่ยนสภาพจากของเหลวกลายเป็นไอ กระบวนการนี้สารทำความเย็นจะดูดซับเอาความร้อนจากบริเวณโดยรอบ ซึ่งความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นได้รับความร้อนมาจากวัตถุต่างๆ ที่อยู่ใกล้คอยล์เย็น โดยวิธีการนำความร้อน การพาความร้อน หรือการแผ่รังสีความร้อน ทำให้สารทำความเย็นนี้มีอุณหภูมิสูงและความดันต่ำ

สารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิสูงสถานะไอนี้จะถูกส่งต่อไปยัง Compressor หรือเครื่องอัด โดยจะอัดให้มีความดันสูงขึ้นก่อนส่งต่อไปที่ Condenser หรือคอยล์ร้อน เพื่อระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นและควบแน่นให้สารทำความเย็นในสถานะที่เป็นไอเปลี่ยนกลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง ก่อนส่งต่อไปที่ Expansion Valve วาล์วลดความดัน เพื่อลดความดันของสารทำความเย็นให้ต่ำลง เพื่อให้สารทำความเย็นดดังกล่าวพร้อมที่จะระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำ ณ อุปกรณ์ ถัดไป ซึ่งก็คือคอยล์เย็นและจะวนการทำงานไปแบบนี้เรื่อยๆ ตามวัฏจักรทำความเย็น



รูปที่ 2.1 หลักการทำงานของระบบทำความเย็น

การแบ่งส่วนการทำงานของระบบทำความเย็น

เมื่อพิจารณาถึงความดันภายในระบบเครื่องทำความเย็นแล้ว จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ด้านความดันสูงของระบบและด้านความดันต่ำของระบบ

1. ด้านความดันสูง (High Side) ประกอบด้วยทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อดิสชาง คอนเดนเซอร์ ท่อพักสารของความเย็นเหลว ท่อลิควิด และทางเข้าของเอกซ์แพนชั่นวาล์ว ซึ่งความ ของสารความเย็นด้านความอัดสูงนี้บางครั้งเรียกว่า ความดันทางคอนเดนเซอร์ (Condensing Pressure) หรือความดันด้านอัด (Discharge Pressure)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ด้านความดันต่ำ (Low Side) ประกอบด้วยทางออกของเอกซ์แพนชั่นวาล์ว อีวาพอ เรเตอร์ ท่อชักชั่น และทางดูดของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งความดันของสารความเย็นด้านความดันต่ำนี้ บางครั้งเรียกว่า ความดันทางอีวาพอเรเตอร์ (Evaporator Pressure) หรือความดันด้านดูด (Suction Pressure) หรือความดันด้านกลับ (Back Pressure)

จะเห็นได้ว่าทั้งคอมเพรสเซอร์และเอกซ์แพนชั่นวาล์ว เป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำหน้าที่เป็นตัว แบ่งความดันของระบบเครื่องทำความเย็นออกเป็น 2 ส่วนดังกล่าว

2.7 หลักการทำงานของเครื่องทำความเย็นระบบอัดไอ [3]

ระบบอัดไออุปกรณ์ทำความเย็นที่อยู่ใน Condensing unit นั้นมีหลักการที่ทำให้เกิดความเย็นได้ด้วยการดูดเอาความร้อนจากในบริเวณที่ต้องการมาเปลี่ยนเป็นความเย็นไปทดแทนในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น มีอุปกรณ์พื้นฐานอยู่ 5 ชนิด ซึ่งมีหน้าที่สำคัญในระบบทำความเย็น

2.7.1 Evaporator หรือคอยล์เย็น

คอยล์เย็น (Evaporator) เป็นชิ้นส่วนสำคัญที่ทำหน้าที่แลกเปลี่ยนความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคู่ไปกับสารทำความเย็นหรือน้ำยาแอร์ โดยทำให้สารทำความเย็นเดือดจนมีสถานะกลายเป็นไอและสามารถดูดซับความร้อนจากพื้นผิวของคอยล์เย็นได้

สังเกตได้ว่าคอยล์เย็นส่วนใหญ่จะมีระบบท่อลมหรือพัดลมอยู่ ซึ่งมีหน้าที่เป่าลมหรือดูดลมเพื่อช่วยในการระบายความเย็นของคอยล์เย็น และอากาศที่ไหลผ่านคอยล์เย็นนี้จะถูกดูดเอาความร้อนออกเพื่อเปลี่ยนเป็นความเย็น

2.7.2 Compressor หรือเครื่องอัดไอ

เมื่อสารทำความเย็นในสถานะที่เป็นไอไหลออกมาจากคอยล์เย็น จะมีความดันต่ำและมีสถานะเป็นไอของสารทำความเย็นจากการอุณหภูมิที่สูงมากเพราะสถานะเป็นไอของสารทำความเย็นดูดซับความร้อนจากอากาศโดยรอบที่ไหลผ่าน และจะไหลต่อไปยังเครื่องอัดไอได้ดี หน้าที่ของเครื่องอัดไอคือการดูดเอาสารทำความเย็นในรูปแบบที่เป็นไอ มาอัดให้มีความดันที่สูงขึ้นก่อนที่จะส่งไปควบแน่นต่อที่คอนเดนเซอร์หรือคอยล์ร้อน

2.7.3 Condenser หรือคอยล์ร้อน

สารทำความเย็นเมื่อเดินทางออกจากเครื่องอัดไอแล้วจะมีอุณหภูมิสูงและความดันสูง คอยล์ร้อน (Condenser) จะเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็น เพื่อช่วยควบแน่นสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นไอให้กลับมาเป็นของเหลวอีกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.4 Expansion Valve วาล์วลดความดัน

วาล์วลดความร้อน (Expansion Valve) คือ ส่วนสุดท้ายของการทำความเย็นมีหน้าที่เพื่อช่วยทำให้ความดันและอุณหภูมิของสารทำความเย็นลดลงของสารทำความเย็นที่ส่งมาจากคอยล์ร้อน หรือ Condenser จะไหลผ่านวาล์วลดความดัน ซึ่งจะปรับลดความดันของสารทำความเย็นให้ต่ำลง ส่งผลให้สารทำความเย็นพร้อมที่จะระเหยตัวที่อุณหภูมิต่ำ ณ อุปกรณ์ถัดไปซึ่งก็คือคอยล์เย็น

นอกจากอุปกรณ์หลักที่สำคัญของระบบการทำความเย็นที่กล่าวมาแล้ว ยังมีส่วนประกอบ อื่นๆ ที่ควรทราบคือ |

ท่อซักชั่น (Suction Line) เป็นท่อทางเดินสารความเย็นที่ต่ออยู่ระหว่างอีวาพอเรเตอร์กับทาง ดูดของคอมเพรสเซอร์ สารความเย็นในสถานะแก๊ส อุณหภูมิต่ำและความดันต่ำ จากอีวาพอเรเตอร์ จะถูกดูดผ่านท่อซักชั่นเข้ายังคอมเพรสเซอร์

ท่อดิสชาร์จ (Discharge Line) เป็นท่อทางเดินสารความเย็นที่ต่ออยู่ระหว่างท่อทางอัต ของคอมเพรสเซอร์กับคอนเดนเซอร์ สารความเย็นในสถานะที่เป็นแก๊สซึ่งถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้ มีความดันและอุณหภูมิสูงขึ้น จะถูกส่งไปยังคอนเดนเซอร์ โดยผ่านท่อดิสชาร์จนี้

ท่อลิควิด (Liquid Line) เป็นท่อทางเดินสารความเย็นที่ต่อระหว่างท่อพักสารความเย็นเหลว กับเอกซ์แพนชั่นวาล์ว สารความเย็นเหลว ความดันสูง อุณหภูมิสูง จากท่อพักสารความเย็น จะถูก อัดส่งไปยังเอกซ์แพนชั่นวาล์วโดยผ่านทางท่อลิควิดนี้

2.7.5. Refrigerant หรือ สารทำความเย็น

สารทำความเย็น (Refrigerant) เป็นสารที่สามารถเปลี่ยนสถานะไปมาจากของเหลวไปเป็นไอและจากไอกลายเป็นของเหลวได้ง่าย เมื่อสารทำความเย็นเปลี่ยนสถานะจากของเหลวไปเป็นไอจะดูดความร้อนจากบริเวณใกล้เคียงเข้ามา ณ คอยล์เย็น และคายความร้อนเมื่อเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลวอีกครั้ง ณ คอยล์ร้อน คุณสมบัติของสารทำความเย็นจะต้องมีเสถียรภาพที่ดีและใช้ได้นาน โดยประสิทธิภาพของสารทำความเย็นนั้นไม่ลดลง มีราคาถูก พาความร้อนได้มาก ไม่ติดไฟ ไม่ระเบิด ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำมันหล่อลื่น ไม่ทำปฏิกิริยากับน้ำ มีปริมาตรของแก๊สต่อหน่วยน้ำหนักน้อยและใช้แรงอัดให้เป็นของเหลวต่ำ

2.8 นิยามประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของการทำความเย็น [5]

2.8.1 สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

สำหรับสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยทั่วไปนิยมใช้กัน 3 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP (Coefficient of Performance) ในการเปรียบเทียบการทำความเย็นของระบบ การทำความเย็นใด ๆ ค่าที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของการทำความเย็นที่นำมาพิจารณาคือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of performance) หรือ COP ของระบบการทำความเย็นนั้น

ค่า COP คืออัตราส่วนระหว่างพลังงานความร้อนที่สารทำความเย็นดูดซับไว้ที่เครื่องระเหย กับพลังงานกลที่ใช้ในการขับเครื่องอัด ดังนั้น ค่า COP ยิ่งสูงแสดงถึงสมรรถนะของเครื่องทำความ เย็นว่ามีสมรรถนะสูงตามไปด้วยเป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ความสามารถในการทำความเย็น (Watt) และกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (Watt) โดยค่า COP มีหน่วยเป็น W/W

$$COP = QW \text{ หรือ } cop = \frac{m(\Delta h_{out})}{m(\Delta h_{in})}$$

โดยที่ Q คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (W)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)

m คือ อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kJ/kg)

Δh_{out} คือ ผลต่างของเอนทาลปีด้านทำความเย็น h1 -h4 (kJ/kg)

Δh_{in} คือ ผลต่างของเอนทาลปีด้าน Compressor h2 -h1 (kJ/kg)

2. ค่าประสิทธิภาพพลังงาน EER หรือ Energy Efficiency Ratio เป็นค่าอัตราส่วนระหว่าง ขีดความสามารถในการทำความเย็น (Btu/hr) รวมสุทธิและกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (Watt) โดยค่า EER มีหน่วยเป็น Btu/hr/Watt

$$EER = \frac{Q}{W}$$

โดยที่ Q คือ ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ (W)

W คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (W)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น (CHP) เป็นค่าอัตราส่วนระหว่างกำลังไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเครื่องปรับอากาศในการทำความเย็น (kW) และความสามารถในการทำความเย็น (TR หรือตันความเย็น)

$$CHP = \frac{KW}{TON}$$

โดยที่ CHP คือ ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น มีหน่วยเป็น (kW/TR)

kW คือ พิกัดกำลังไฟฟ้าที่ภาระเต็มพิกัด (kW)

TON คือ ขีดความสามารถการทำความเย็นรวมที่ภาระเต็มพิกัด (TR)

$$TON(TR) = 5.707x10^{-3}xCMMx(H_r - H_s)$$

โดยที่ CMM คือ ปริมาณลมเย็นหมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ หน่วยเป็น m 3 /min

Hr คือ เอนทาลปีของอากาศด้านลมกลับ หน่วยเป็น kJ/kg dry air

Hs คือ เอนทาลปีของอากาศด้านลมจ่าย หน่วยเป็น kJ/kg dry air

จากคำจำกัดความของทั้ง 3 ค่าในข้างต้น จะเห็นได้ว่าค่านิยามของ EER, kW/TR และ COP เป็นส่วนกลับซึ่งกันและกัน โดย EER และ COP ยิ่งมีค่าสูงเท่าไรก็หมายความว่าเครื่องปรับอากาศมีสมรรถนะการทำงานที่ดี ในขณะที่ค่า kW/TR ยิ่งมีค่าต่ำเท่าไร เครื่องปรับอากาศเครื่องนั้นก็ยิ่งมีค่าสมรรถนะการทำงานที่ดีเท่านั้นด้วย โดยทั้งนี้สามารถกำหนดความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

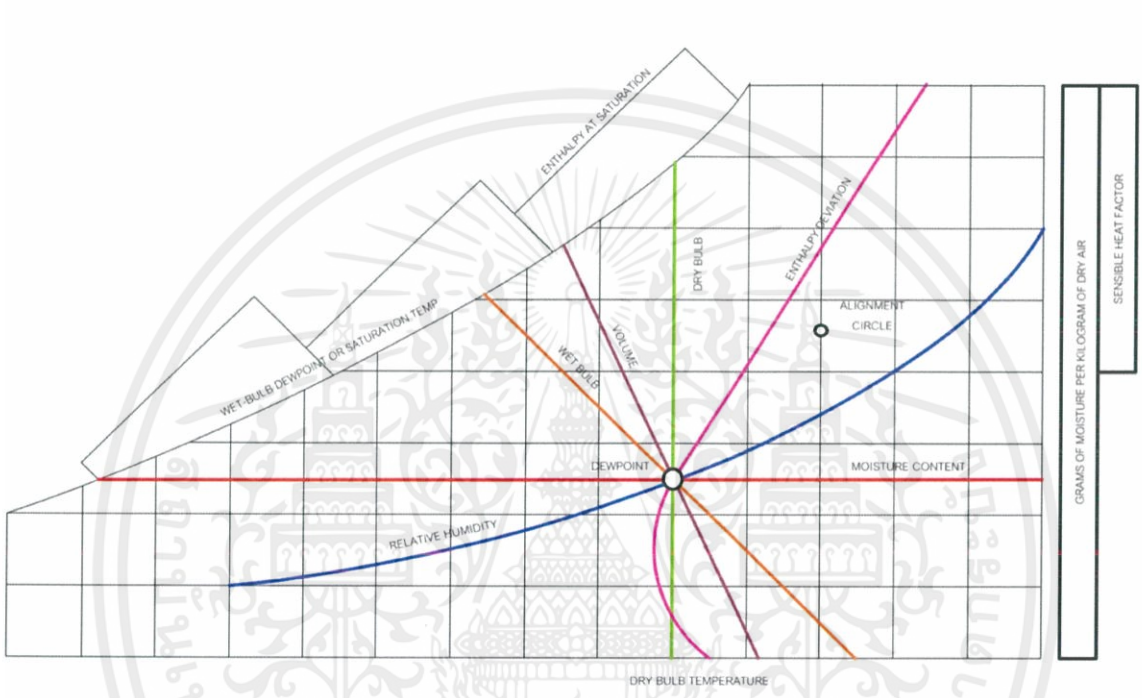
$$\frac{kW}{TR} = \frac{12}{EER}, COP = \frac{EER}{3.412}$$

หมายเหตุ : ที่ประสิทธิภาพมอเตอร์ และประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อน = 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric chart.) [2]

ในการหาค่าสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ จำเป็นต้องทราบถึงสภาวะอากาศรอบๆ ตัวเราเสียก่อน อากาศประกอบด้วยก๊าซไนโตรเจนประมาณ 78 % ออกซิเจนประมาณ 21 % และก๊าซอื่นๆ อีก 1% นอกจากก๊าซต่างๆ แล้วอากาศยังมีไอน้ำปนอยู่ด้วยเสมอ



รูปที่ 2.3 ค่าสมบัติต่างๆของแผนภาพไซโครเมตริก

อุณหภูมิกระเปาะแห้ง (Dry Bulb Temperature : DB) แสดงบนแกนนอนของแผนภูมิ อุณหภูมิกระเปาะแห้งสามารถวัดและอ่านได้ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ปกติ

อุณหภูมิกระเปาะเปียก (Wet-bulb Temperature : WB) คืออุณหภูมิอากาศอิ่มตัว โดยแสดงบนเส้นแนวทแยงของแผนภูมิ อุณหภูมิกระเปาะเปียกสามารถวัดและอ่านได้จากเทอร์โมมิเตอร์ ซึ่งกระเปาะของหลอดแก้วถูกหุ้มด้วยผ้าเปียก

อุณหภูมิจุดกลั่นตัว หรือ จุดน้ำค้าง (Dew Point : DP) คืออุณหภูมิที่ทำให้ไอน้ำในอากาศเริ่มกลั่นตัว อ่านได้โดการลากเส้นแนวนอนจากสภาวะนั้นๆ ไปทางซ้ายของแผนภูมิจนตัดเส้นโค้งความชื้นสัมพัทธ์ 100%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity : %RH) คืออัตราส่วนของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศเทียบกับปริมาณไอน้ำที่อากาศสามารถรับได้ ณ อุณหภูมินั้นๆ

เกรนของความชื้น (Grain of Moisture) คือหน่วยวัดปริมาณไอน้ำในอากาศ ต่ออากาศแห้ง

เอนทาลปี (Enthalpy) คือพลังงานความร้อนที่มีอยู่ในอากาศ ประกอบด้วย ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) และ ความร้อนแฝง (Latent Heat)

2.10 กฎหมายที่เกี่ยวข้อง [4]

ประกาศกระทรวงพลังงาน ประกาศกระทรวงพลังงาน เรื่อง การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็นและค่าพลังงานไฟฟ้าต่อตันความเย็นของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในอาคาร พ.ศ. 2552 ได้กำหนดค่า สมรรถนะไว้ดังนี้ ข้อ 2 (1)

ตารางที่ 2.1 การกำหนดค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (COP) และค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น (EER)

ขนาดของ เครื่องปรับอากาศ (วัตต์)	ค่าสัมประสิทธิ์ สมรรถนะ ; COP (วัตต์ต่อวัตต์)	อัตราส่วนประสิทธิภาพ พลังงาน ; EER (บีทียูต่อชั่วโมงต่อวัตต์)
ไม่เกิน 12,000	3.22	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 2134-2553)

เครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง : ประสิทธิภาพพลังงาน ได้กำหนดประสิทธิภาพพลังงาน ไว้ดังนี้

1. อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานขั้นต่ำ ต้องไม่น้อยกว่าค่าที่กำหนดไว้
2. อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไม่น้อยกว่า ร้อยละ 93 ของค่าที่ระบุ
3. ขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 95 ของขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของเครื่องที่ระบุ
4. กำลังไฟฟ้าที่กำหนดไม่เกินร้อยละ 110 ของกำลังไฟฟ้าที่ระบุ

ตารางที่ 2.2 การกำหนดค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (COP)

แบบของเครื่องปรับอากาศสำหรับห้อง	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน	
	ขีดความสามารถทำความเย็นไม่เกิน 8,000 W	ขีดความสามารถทำความเย็น 8,001 W ถึง 12,000 W
แบบไม่แยกส่วน	2.82	2.53
แบบแยกส่วน	2.82	2.82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.)

โครงการฉลากเบอร์ 5 ได้ปฏิบัติการตามเกณฑ์ดังกล่าว โดยได้มีการทดสอบและกำหนดค่าจากสถาบันไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์(สฟอ.)

ตารางที่ 2.3 ตารางค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

สำหรับเครื่องขนาดไม่เกิน 8,000 W (27,296 Btu/hr)

ระดับประสิทธิภาพ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
เบอร์ 5	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.60
เบอร์ 4	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.00 – น้อยกว่า 11.59
เบอร์ 3	มากกว่าหรือเท่ากับ 10.60 – น้อยกว่า 11.00

ตารางที่ 2.4 ตารางค่ามาตรฐานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

สำหรับเครื่องขนาดมากกว่า 8,000 W (27,296 Btu/hr)

ระดับประสิทธิภาพ	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (EER)
เบอร์ 5	มากกว่าหรือเท่ากับ 11.00
เบอร์ 4	มากกว่าหรือเท่ากับ 10.60 – น้อยกว่า10.99
เบอร์ 3	มากกว่าหรือเท่ากับ'9.60 – น้อยกว่า 10.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

แนวทางการสำรวจและการเก็บข้อมูลวิเคราะห์ประสิทธิภาพ

3.1 ข้อมูลเบื้องต้นที่ต้องทราบ

1.ขนาดพิกัดการทำความเย็น (Btu/hr , kcal/hr , kW, TR)

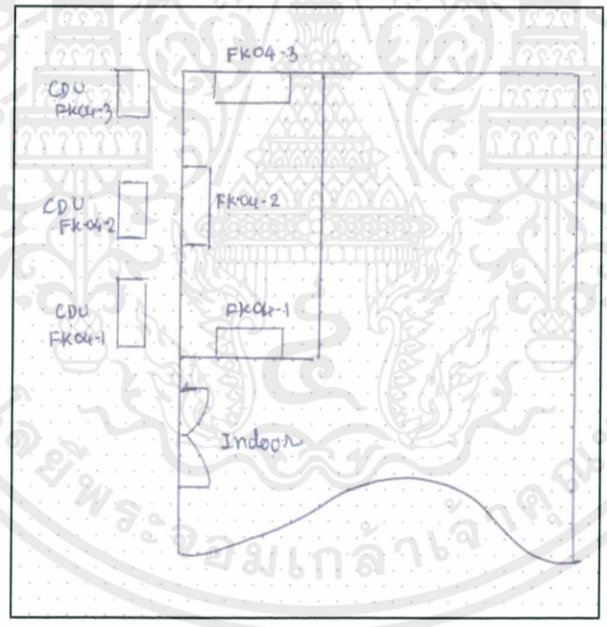
2.ขนาดกำลังไฟฟ้าของเครื่องคอมเพรสเซอร์ (kW)

3.ชั่วโมงการทำงาน

4.อายุการใช้งาน

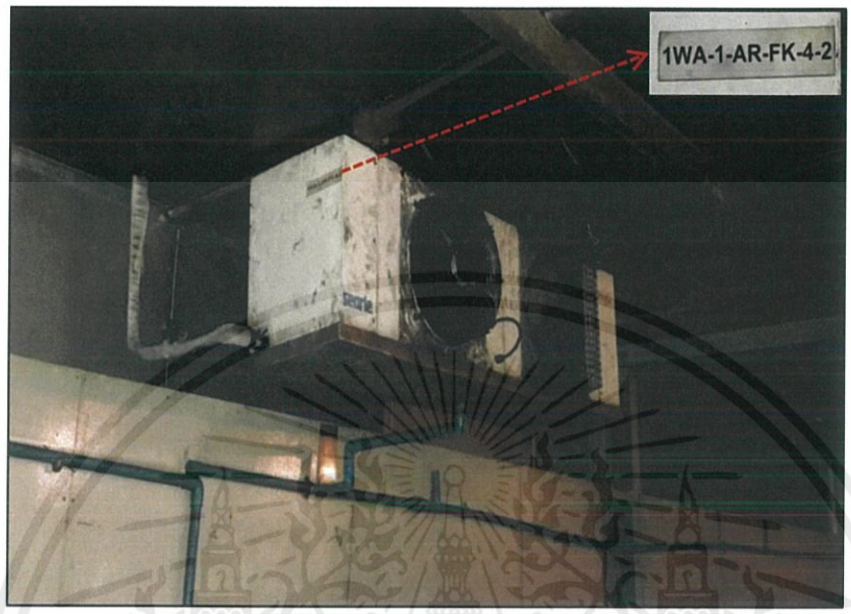
5.สถานที่ใช้งาน

6.ยี่ห้อ , รุ่น



รูปที่ 3.1 Layout Refrigeration room at warehouse A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แฟนคอยล์ยูนิต FK-4-2

รูปที่ 3.3 คอนเดนเซอร์ยูนิต FK-4-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเบื้องต้นของระบบทำความเย็น

หัวข้อ	รหัสเครื่องจักร		
	FK4-01	FK4-02	FK4-03
ขนาดพิกัดการทำความเย็น	14,700 BTU	14,700 BTU	14,700 BTU
ขนาดกำลังไฟฟ้าของเครื่องคอมเพรสเซอร์	3.12 KW	3.12 KW	3.12 KW
ชั่วโมงการทำงาน	24 Hr	24 Hr	24 Hr
อายุการใช้งาน	>25 ปี	>25 ปี	>25 ปี
สถานที่ใช้งาน	warehouse A	warehouse A	warehouse A
ยี่ห้อ,รุ่น	bitzer open type IV	bitzer open type IV	bitzer open type IV

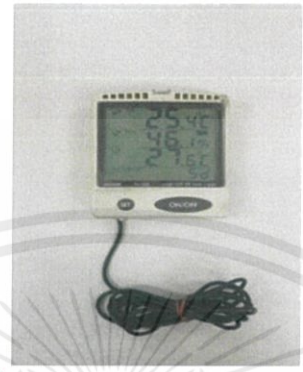
3.2 เครื่องมือวัดและอุปกรณ์ที่ต้องใช้

1. เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

รูปที่ 3.4 เครื่องวัดความเร็วลม (Anemometer)

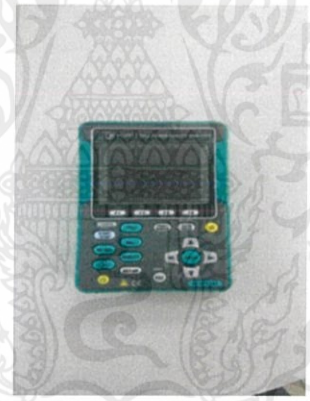
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (Thermometer และ Hygrometer)



รูปที่ 3.5 เครื่องวัดอุณหภูมิ (Thermometer)

3. เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

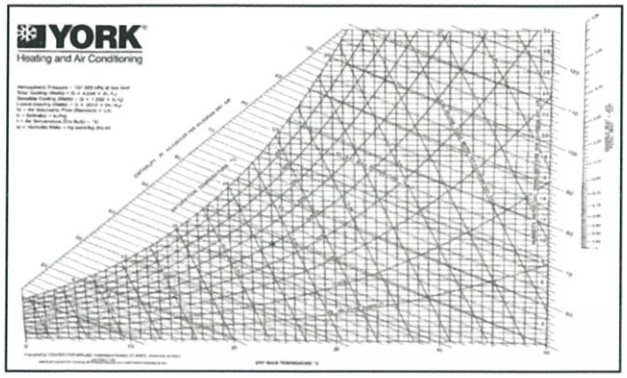


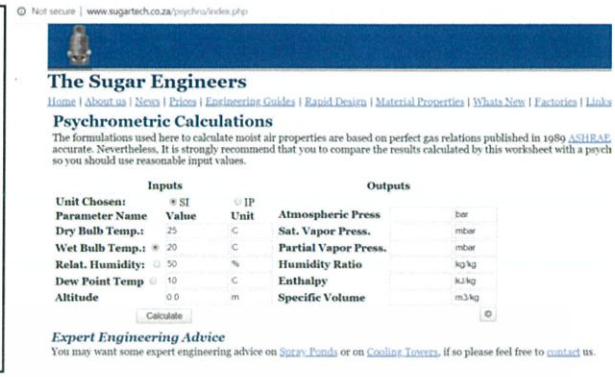
รูปที่ 3.6 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

4. ตลับเมตร

5. แผนภูมิไซโครเมตริก (Psychometric Chart)/ เว็บไซต์สำหรับการคำนวณค่าเอนทาลปี (Enthalpy)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





รูปที่ 3.7 และ 3.8 แผนภูมิไซโครเมตริก และเว็บไซต์สำหรับการคำนวณค่าเอนทาลปี

3.3 ขั้นตอนการตรวจวัด

1.วัดขนาดความกว้างและความยาวของช่องลมกลับด้วยตลับเมตร เพื่อใช้คำนวณหาขนาดพื้นที่หน้าตัด

2.วัดอุณหภูมิ (° C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมกลับ (Return Air) โดยใช้ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

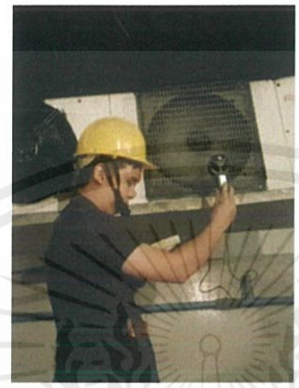
3.วัดอุณหภูมิ (° C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่าย (Supply Air) โดยใช้ เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

รูปที่ 3.9 ตรวจวัดอุณหภูมิ (° C) และความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของอากาศทางด้านลมจ่าย

4. วัดความเร็วของลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมกลับ (V) โดยใช้เครื่องวัดความเร็วลม และควรทำการวัด หลายๆจุดบนหน้าตัดของช่องลมกลับ (อย่างน้อย3 จุด) เพื่อคำนวณผลเป็นค่าความเร็วลมเฉลี่ย ทั้งนี้เหตุผลในการ เลือกวัดค่าดังกล่าวทางด้านลมกลับแทนที่จะเป็นด้านลมจ่าย ประกอบด้วย - ด้านลมกลับมีขนาดพื้นที่หน้าตัดที่ใหญ่กว่าด้านลมจ่าย ทำให้การไหลของลมมีลักษณะแบบราบเรียบ (Laminar Flow) และความเร็วของลมที่วัดได้จะมีค่าที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แน่นอนและไม่เปลี่ยนแปลงมากนักเมื่อเทียบ กับด้านลมจ่ายที่เป็นแบบการไหลปั่นป่วน (Turbulent Flow) - ทิศทางของลมกลับมีทิศทางที่แน่นอนคือตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัด ซึ่งต่างจากด้านลมจ่ายที่ทิศทางไม่แน่นอน ขึ้นอยู่กับว่าผู้ใช้งานจะปรับในทิศทางใด ทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดได้ค่อนข้างมาก



รูปที่ 3.10 วัดความเร็วของลมที่ผ่านเข้าทางด้านช่องลมจ่าย (V)

5. วัดกำลังไฟฟ้ารวมที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศในช่วงที่คอมเพรสเซอร์ทำงาน โดยใช้เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter)

รูปที่ 3.11 การตรวจวัดกำลังไฟฟ้า บริเวณโกดังเก็บของเอ

<u>ข้อควรระวัง</u>

1 ในการวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ทั้งด้านลมกลับและลมจ่าย ในเวลาเดียวกัน กับการทำงานของคอมเพรสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2 ในขณะตรวจวัดให้ปรับความเร็วลมของ Fan Coil Unit สูงสุดตามพิกัด

3 ปรับ Set Point ที่ 24-25 C

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างบันทึกผลการตรวจวัด

รายการ		สัญลักษณ์	ข้อมูล
อากาศด้านจ่าย	อุณหภูมิ(°c)	ts	
	%RH	%RH	
	Enthalpy Supply	Hs	
อากาศด้านกลับ	อุณหภูมิ(°c)	tr	
	%RH	%RH	
	Enthalpy Supply	Hr	
	พื้นที่หน้าตัดคอยล์เย็น(m^2)	A	
	ความเร็วลม	V	
	อัตราการไหล	CMM	
ไฟฟ้า	V	-	
	Amp	-	
	KW	-	
	P.F.	-	
cooling capacity		TR	
สมรรถนะการทำความเย็น CHP		KW/TR	
ERR		BTU/hr/W	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาค่าสมรรถนะขั้นต่ำ (COP)

ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการอุกรณ์วัดค่าตัวแปรต่างๆของระบบทำความเย็น Fk-4-1

-กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้จริงเท่ากับ 3.45 kW

-ความเร็วลมกลับเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 m/s

-อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางด้านลมกลับเท่ากับ 5 ° C , 90 %RH

-อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางด้านลมจ่ายเท่ากับ 3 ° C , 80 %RH

วิธีการคำนวณ

1.คำนวณหา CMM

CMM = 60 x 3.13 m/s x (1.8 x 0.4) m^2

= 133.61 m^3/min

2.แผนภูมิไซโครเมตริกสามารถเปิดหาค่าเอนทัลปีได้ดังนี้

Hr = 15.8 kJ/kg dry air

Hs = 13.61 kJ/kg dry air

3.คำนวณหาสมรรถนะการทำความเย็น

TR = 5.707 x 10^{-3} x 133.61 m^3/min x (15.8-13.61) kJ/kg dry air

= 1.67 TR

4.คำนวณหาสรรถนะการทำความเย็น

kW/TR = 3.45 kW / (1.67 TR)

= 2.029 kW/TR

หรือ EER = 12 / 2.029 kW/TR

= 5.914 BTU/hr/W

หรือ COP = (5.914 BTU/hr/W) / 3.412

= 1.702 W/W

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถณะ เท่ากับ 1.702 วัตต์/วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการอุกรณ์วัดค่าตัวแปรต่างๆของระบบทำความเย็น Fk-4-2

-กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้จริงเท่ากับ 3.32 kW

-ความเร็วลมกลับเฉลี่ยเท่ากับ 4.314 m/s

-อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางด้านลมกลับเท่ากับ 4.8 ° C , 91 %RH

-อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางด้านลมจ่ายเท่ากับ 3.4 ° C , 83 %RH

วิธีการคำนวณ

1.คำนวณหา CMM

CMM = 60 x 4.314 m/s x (1.8 x 0.4) m^2

= 186.39 m^3/min

2.แผนภูมิไซโครเมตริกสามารถเปิดหาค่าเอนทัลปีได้ดังนี้

Hr = 15.93 kJ/kg dry air

Hs = 14.44 kJ/kg dry air

3.คำนวณหาสมรรถนะการทำความเย็น

TR = 5.707×10^{-3} x 186.39 m^3/min x (15.93-14.44) kJ/kg dry air

= 1.585 TR

4.คำนวณหาสรรถนะการทำความเย็น

kW/TR = 3.32 kW / (1.585 TR)

= 2.094 kW/TR

หรือ EER = 12 / 2.094 kW/TR

= 5.730 BTU/hr/W

หรือ COP = (5.730 BTU/hr/W) / 3.412

= 1.679 W/W

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ เท่ากับ 1.679 วัตต์/วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลเบื้องต้นที่ได้จากการอุกรณ์วัดค่าตัวแปรต่างๆของระบบทำความเย็น Fk-4-3

-กำลังไฟฟ้าที่คอมเพรสเซอร์ใช้จริงเท่ากับ 3.38 kW

-ความเร็วลมกลับเฉลี่ยเท่ากับ 4.46 m/s

-อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางด้านลมกลับเท่ากับ 4.2 ° C , 92 %RH

-อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศทางด้านลมจ่ายเท่ากับ 5.6 ° C , 84 %RH

วิธีการคำนวณ

1.คำนวณหา CMM

CMM = 60 x 4.46 m/s x (1.8 x 0.4) m^2

= 192.98 m^3/min

2.แผนภูมิไซโครเมตริกสามารถเปิดหาค่าเอนทัลปีได้ดังนี้

Hr = 17.5 kJ/kg dry air

Hs = 16.02 kJ/kg dry air

3.คำนวณหาสมรรถนะการทำความเย็น

TR = 5.707 x 10^{-3} x 192.98 m^3/min x (17.5-16.02) kJ/kg dry air

= 1.63 TR

4.คำนวณหาสรรถนะการทำความเย็น

kW/TR = 3.38 kW / (1.63 TR)

= 2.073 kW/TR

หรือ EER = 12 / 2.073 kW/TR

= 5.788 BTU/hr/W

หรือ COP = (5.788 BTU/hr/W) / 3.412

= 1.696 W/W

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ เท่ากับ 1.696 วัตต์/วัตต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

ผลการวิจัย

ผู้จัดทำได้ดำเนินการตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นที่บริษัท สยามเคมีคอล อินดัสตรี้ จำกัด บริเวณโกดังเก็บสินค้าเอ ณ ช่วงวันที่29 สิงหาคม พ.ศ.2561 ถึง วันที่ 21 กันยายน พ.ศ. 2561 ได้ดังนี้

4.1 ผลการวิจัยเครื่องทำความเย็น 5 องศาเซลเซียล

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการบันทึกระบบทำความเย็นของ FK-4-1

รายการ		สัญลักษณ์	ข้อมูล
อากาศด้านจ่าย	อุณหภูมิ(°c)	ts	3
	%RH	%RH	80
	Enthalpy Supply	Hs	13.56
อากาศด้านกลับ	อุณหภูมิ(°c)	tr	5
	%RH	%RH	90
	Enthalpy Return	Hr	13.61
	พื้นที่หน้าตัดคอยล์เย็น(m^2)	A	0.72
	ความเร็วลม	V	3.13
	อัตราการไหล	CMM	135.21
ไฟฟ้า	V	-	220
	Amp	-	10.5
	KW	-	3.45
	P.F.	-	0.86
cooling capacity		TR	1.67
สมรรถนะการทำความเย็น CHP		KW/TR	2.029
ERR		BTU/hr/W	5.914
COP		W/W	1.702

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการบันทึกระบบทำความเย็นของ FK-4-2

รายการ		สัญลักษณ์	ข้อมูล
อากาศด้านจ่าย	อุณหภูมิ(°c)	ts	3.4
	%RH	%RH	83
	Enthalpy Supply	Hs	14.44
อากาศด้านกลับ	อุณหภูมิ(°c)	tr	4.8
	%RH	%RH	91
	Enthalpy Supply	Hr	15.93
	พื้นที่หน้าตัดคอยล์เย็น(m^2)	A	0.72
	ความเร็วลม	V	4.31
	อัตราการไหล	CMM	186.39
ไฟฟ้า	V	-	220
	Amp	-	9.36
	KW	-	3.32
	P.F.	-	0.93
cooling capacity		TR	1.58
สมรรถนะการทำความเย็น CHP		KW/TR	2.094
ERR		BTU/hr/W	5.73
COP		W/W	1.679

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการบันทึกระบบทำความเย็นของ FK-4-3

รายการ		สัญลักษณ์	ข้อมูล
อากาศด้านจ่าย	อุณหภูมิ(°c)	ts	5.6
	%RH	%RH	84
	Enthalpy Supply	Hs	16.02
อากาศด้านกลับ	อุณหภูมิ(°c)	tr	4.2
	%RH	%RH	92
	Enthalpy Supply	Hr	17.5
	พื้นที่หน้าตัดคอยล์เย็น(m^2)	A	0.72
	ความเร็วลม	V	4.46
	อัตราการไหล	CMM	192.67
ไฟฟ้า	V	-	220
	Amp	-	9.96
	KW	-	3.38
	P.F.	-	0.89
cooling capacity		TR	1.63
สมรรถนะการทำความเย็น CHP		KW/TR	2.073
ERR		BTU/hr/W	5.788
COP		W/W	1.696

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบระหว่างระบบทำความเย็นประเภทเดิม(IV)กับการติดตั้งประเภทใหม่ (Ecolite)

หัวข้อ	ประเภทเดิม(IV)	ประเภทใหม่ (Ecolite)
ประเภทของคอนเดนเซอร์	V-Belt	Internal motor
COP	1.747	2.363
ชนิดสารทำความเย็น	R-22	R-134A

4.2 วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากข้อมูลข้างต้นพบว่า ความเร็วลมของแฟนคอยล์ FK4-1 FK4-2 FK4-3 เท่ากับ 3.13 , 4.41 , 4.46 เมตรต่อวินาทีตามลำดับ มีอาจมีความคาดเคลื่อนเล็กน้อยเนื่องจากไม่สามารถควบคลุมความดันบรรยากาศของห้องในขณะที่ทำการเก็บค่าแต่ละครั้งได้ แต่ค่าที่ทางผู้จัดทำได้ทำการตรวจสอบยังสามารถใช้ในการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ได้ และค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ของ FK4-1 FK4-2 FK4-3 เท่ากับ 1.702 , 1.679 , 1.696 เฉลี่ยเท่ากับ 1.692 วัตต์ต่อวัตต์ เมื่อทำการเปรียบเทียบกับระบบทำความเย็นประเภทใหม่ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP เท่ากับ 2.363 วัตต์ต่อวัตต์พบว่ามากกว่าระบบทำความเย็นแบบเก่าถึง (2.363-1.692)/1.692 * 100% เท่ากับ 39.64%

เนื่องจากในอนาคตสารทำความเย็น R-22 ที่มีส่วนประกอบของสารCFC จะถูกงดใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไทย แต่ระบบทำความเย็นแบบเดิม(IV)ไม่รองรับสารทำเย็นแบบอื่นได้ จึงต้องเปลี่ยนระบบทำความเย็นแบบใหม่ที่สามารถใช้สารทำความเย็น R-134A แทนที่ R-22 นอกจากนี้ระบบทำความเย็นแบบใหม่มีการเปลี่ยนประเภทของคอนแดนเซอร์ยูนิต จากการใช้สายพานแบบเก่าซึ่งมีค่าใช้จ่ายในการซ้อมบำรุงเยอะเปลี่ยนเป็นแบบการใช้มอเตอร์ภายในคอนเดนเซอร์แทน จึงสามารถช่วยทางบริษัทลดค่าใช้จ่ายด้านการซ้อมบำรุงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยบทที่ผ่านมาเกี่ยวกับผลการตรวจวัดประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นและปัญหาของระบบทำความเย็นที่บริษัท สยามเคมีคอล อินดัสตรี้ จำกัด ซึ่งในบทที่ 5 นี้จะได้นำเสนอผลสรุปของงานวิจัยดังกล่าว โดยแบ่งการน้ำเสนอดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต□□

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP ของเครื่องทำความเย็นFK-4-1 FK-4-2 FK-4-3 เท่ากับ1.702, 1.679, 1.692 ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเฉลี่ยจะมีค่าเท่ากับ 1.692 และเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องทำความเย็นแบบ Ecolite ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP เท่ากับ 2.363 จะพบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ COP เพิ่มมากขึ้นถึง 39.64%

5.1.2 เครื่องทำความเย็นแบบ Ecolite สามารถใช้สารทำความ R-134A ได้ และในอนาคตสารทำความ R-22 ที่เครื่องทำความเย็นแบบ IV จะไม่สามารถใช้ในโฌงงานอุสาหกรรมในไทยได้ เนื่องจากมีสาร CFC ที่ไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

5.1.3 เครื่องทำความเย็นแบบ Ecolite มีการใช้มอเตอร์ภายใน แทนที่การใช้สายพานแบบเก่าจะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านการซ่อมบำรุงในส่วนนี้ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในขณะที่นำสินค้าเข้าออกควรใช้เวลาในการเปิดประตูค้างไว้ไม่เกิน 10 นาที เพื่อให้การทำงานของคอมเพรสเซอร์ทั้ง 3 ไม่ถูกใช้งานหนักจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 ไม่ควรเปิดไฟภายในห้องทำความเย็นเมื่อไม่จำเป็นเนื่องจากจะเกิดความร้อนและเป็นการเพิ่มภาระให้เครื่องทำความเย็นและสิ้นเปลื้องค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1.สมศักดิ์ สุโมตยกุล.(2559).**เครื่องทำความเย็นและเครื่องปรับอากาศ**,พิมพ์ครั้งที่ 2,สำนักพิมพ์ ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน), กรุงเทพฯ,552 หน้า [1]

2.Wayne Jayes.(1989).**Psychrometric Calculations**.สืบค้นเมื่อ 26 กันยายน 2561 จาก http://www.sugartech.co.za/psychro/index.php [2]

3.บริษัท หาญ เอ็นจิเนียริ่ง โซลูชั่นส์ จำกัด (มหาชน).**หลักการทำความเย็น**.สืบค้นเมื่อ 10 กันยายน 2561 จาก https://www.harn.co.th/th/articles/refrigerant-in-refrigeration-system/ [3]

4.กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน , **คู่มือการใช้เพื่อพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ หมายเลข 10** : การประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็น The Economic Use of Refrigertion Plant[4]

5.วันชัย ริจิรวนิช.(2551) การศึกษาการทำงานหลักการและกรณีศึกษา. พิมพ์ครั้งที่6, กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์แห่ง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย[5]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษาตั้งแต่ปี 2007 จนถึง 2018 ของ FK4-1

ใบประวัติแอร์

เครื่องปรับอากาศหมายเลข	1WA-1-AR-FK-4-1	BRAND	SEARLE	สถานที่ติดตั้ง	Warehouse A
		CAPACITY	14,700 BTU [4.31KW]		

วันที่	หมายเลขงาน	ราคาซ่อม	รายละเอียดการซ่อม
8/16/2007	820008809	5,300.00	ซ่อมคอมเพรสเซอร์
7/19/2007	820008809	39000.00	แผงคอยล์ชุดคอนเดนซิ่งยูนิต
9/25/2007	820009178	300.00	เปลี่ยนสายพาน
3/8/2008	820010074	6200.00	ซ่อมคอมเพรสเซอร์
3/17/2009	820012184	12250.00	เปลี่ยนแผงคอยล์เย็น
10/13/2009	820012892	7,250.00	ซ่อมคอมเพรสเซอร์
2/27/2010	820013927	9,000.00	overhaul Compressure
2/9//2010	820014784	3,450.00	ซ่อมคอยล์ร้อน
12/18/2011	820007569	5,850.00	ซ่อมคอมเพรสเซอร์
4/7/2011	1820000302	9,500.00	บูชล้อคเพลานอกประกันคอมเพรสเซอร์นอก กลิ้งพลาหุเลเปลี่ยนดรายเออร์ใหม่เลื่อนเกจ low เกจ high เติมน้ำมันคอมใหม่
5/12/2012	1820001516	15500.00	overhaul Compressure
4/17/2014	WO14-00387	48350.00	เปลี่ยน Compressor ใหม่ น้ำยา R-22 [7kg]

Install before 2003

ค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษาตั้งแต่ปี 2007 จนถึง 2018 ของ FK4-2

ใบประวัติแอร์

เครื่องปรับอากาศหมายเลข	1WA-1-FK-4-2	BRAND	SEARLE	สถานที่ติดตั้ง	Warehouse A
		CAPACITY	14,700 BTU[4.31KW]		

วันที่	หมายเลขงาน	ราคาซ่อม	รายละเอียดการซ่อม
4/20/2006	820006235	45500.00	เปลี่ยนคอมเพรสเซอร์
7/19/2007	820008809	39000.00	เปลี่ยนแผงคอยล์คอนเดนซิ่งยูนิต
7/24/2007	820008840	600.00	เปลี่ยนสายพาน เบอร์ B-68 2เส้น
9/16/2008	820011137	3750.00	ซ่อมริวแผ่นคอยล์เย็น
9/16/2008	820011137	3750.00	ซ่อมริวแผ่นคอยล์เย็น
3/3/2009	820011986	3200.00	เปลี่ยนใบพัดลมมอเตอร์คอยล์ร้อนใหม่
2/27/2010	820013928	600.00	เปลี่ยนสายพาน เบอร์ B-68 2เส้น
6/29/2012	1820001638	5000.00	เปลี่ยน Tempcontroller
8/28/2013	MT-313	3000.0	Equipment weld[300],Nitrogen[500],dryer[350],Refrigerant no.22[10 kg][1850]
8/19/2015	WO15-00929	4500.00	เปลี่ยนExpansion valve[4500] R-22=2kg[370]
7/28/2016	WO16-00785		เปลี่ยนสายพาน No. B 68 2เส้น
11/4/2017	WO17-01208	7000.00	Repair bush shaft pulay ,oil seal R-22[5 kg]
5/2/2017	WO17-00477	14000	Repair compressor Oil seal bush leak
5/2/2017	WO17-00658	4000	Repair tube R-22 FCU leak
1/25/2018	WO17-01331	6200.00	Replace Motor fcu.No.1

Install before 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าใช้จ่ายด้านบำรุงรักษาตั้งแต่ปี 2007 จนถึง 2018 ของ FK4-3

ใบประวัติแอร์

เครื่องปรับอากาศหมายเลข	1WA-1-AR-FK-4-3	BRAND	SEARLE	**สถานที่ติดตั้ง**	Warehouse A
		CAPACITY	14.700 BTU [4 31KW]		

วันที่	หมายเลขงาน	ราคาซ่อม	รายละเอียดการซ่อม
1/19/2006	820005773	2,800.00	ซ่อมรั่ว คอยล์ร้อน 1 จุด
3/14/2007	820008153	1,500.00	ซ่อมมอเตอร์คอยล์เย็น 1 จุด
14/3/2007	820008153	1500.00	ซ่อมมอเตอร์คอยล์เย็นตัวที่ 2
19/7/2007	820008809	39000.00	เปลี่ยนแผงคอยล์ร้อนคอนเดนซิ่งยูนิต
17/4/2009	820011830	11,250.00	ซ่อม Compressure overhaul 1 ชุด อุปกรณ์ติดตั้ง
5/1/2010	820013649	4000.00	ซ่อมคอมเพรสเซอร์
17/1/2010	820013649	4,000.00	ซ่อม Compressure กลิ้งบูชพูเลย์ 1 ชุด อุปกรณ์ติดตั้ง
8/9/2010	820014615	6,500.00	ซ่อม Compressure เปลี่ยนลิ้น compressure กลิ้งอัด บูชพูเล่ย์ อุปกรณ์ติดตั้ง 1 ชุด
3/30/2011	-	-	ซ่อม Compressure ท่อ low ,high switch แกนข้าหุด อุปกรณ์ติดตั้ง 1 ชุด
10/15/2011	1820000461	96000.00	เปลี่ยนแฟนคอยล์เย็นใหม่[56000]เปลี่ยนคอมพรบเซอรใหม่[40000]
8/9/2010	820014615	6500.00	ซ่อมคอมเพรสเซอร์
6/20/2012	1820001501	6350.00	เปลี่ยนเกจ Low เกจ High ซ่อมรัวคอนเดนซิ่ง Unit
2/26/2014	100386861	5000.00	เปลี่ยน Tempcontroller ใหม่
11/4/2017	WO17-01208	7000.00	Repair Compressor
11/6/2018	WO18-00808	5800.00	Repair Compressor
			Install before 2003

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นายนัทธพงศ์ พัฒนะดำรงชัย

วัน เดือน ปี เกิด วันอังคารที่ 18 เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ.2540

ที่อยู่ บ้านเลขที่110/21-22 ถ.พระองค์ดำ ต.ในเมือง อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2547 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นอนุบาล จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ.2552 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นประถมศึกษา จากโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ.2555 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ.2558 สำเร็จการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนพิษณุโลกพิทยาคม จังหวัดพิษณุโลก

พ.ศ.2561 กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้