ปีการศึกษา 2540

เครื่องทำน้ำดื่มประหยัดพลังงาน

THE DRINKING WATER MACHINE BY ECONOMICAL ENERGY SYSTEM

โดย

นาย ไพโรจน์ วนาอร่าม

นาย ไพศาล พันธุ์สถิตย์วงศ์

นาย ปรเมศว์ อภิมุขมงคล

นาย สมภพ สิงห์สา

วัน เดือน ปี -5 ต.ค. 2541

เลขทะเบียน 038489

เลขเรียกหนังสือ T 40030 ว 992 ค.

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา

อ. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง

038489

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2540

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องทำน้ำดื่มประหยัดพลังงาน

ผู้จัดทำ

1. นาย ไพโรจน์ วนาอร่าม
2. นาย ไพศาล พันธุ์สถิตย์วงศ์
3. นาย ปรเมศว์ อภิมุขมงคล
4. นาย สมภพ สิงห์สา

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา)

_____อาจารย์ที่ปรึกษา

(อ. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องทำน้ำดื่มประหยัดพลังงาน

นาย ไพโรจน์ วนาอร่าม
นาย ไพศาล พันธุ์สถิตย์วงศ์
นาย ปรเมศว์ อภิมุขมงคล
นาย สมภพ สิงห์สา
ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอเครื่องทำน้ำดื่มประหยัดพลังงาน โดยนำน้ำที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลต (UV.) มาผ่านชุดทำความเย็นและชุดทำความร้อนเพื่อทำให้เป็นน้ำเย็นและน้ำร้อน โดยในการทำน้ำร้อนนั้นได้ใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อนจากชุดระบายความร้อนของระบบทำความเย็นมาถ่ายเทความร้อนให้กับน้ำเพื่อเป็นการเพิ่มอุณหภูมิให้กับน้ำเบื้องต้น ซึ่งน้ำที่ได้นี้จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเมื่อเข้าสู่กระบวนการต้มน้ำ ก็จะใช้เวลาในการต้มน้ำน้อยลง ซึ่งเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการต้มน้ำได้ถึง 20 % ของพลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE DRINKING WATER MACHINE BY ECONOMICAL ENERGY SYSTEM

Phairoat Vanaaram
Phaisarn Phansathitwong
Porames Apimukmongkol
Somphop Singsa
Asst.Prof.Prapart Praisuwanna Advisor
Anuwat Jangwanitlert Advisor
1997

ABSTRACT

The project presents the drinking water machine by economical energy system. Water passes through process to destroy all diseases by the Ultra Violet Ray. After that it will pass the cooling system unit and heating system unit. So as to give cold and hot water. The heating system unit uses the principle of heat transfer of condensing unit from cooling system into water in order to give temperature water. When water comes to the heating system unit, it will use time decrease for boiling water . This method is called Pre-heat system that can be saved the power energy about 20% of the normal boiling water.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
ABSTRACT	II
สารบัญรูป	III
สารบัญตาราง	V
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	2
2.1. ทฤษฎีและคุณสมบัติของน้ำ	2
2.2 ทฤษฎีของชุดกรองน้ำ	6
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดแสงอุลตร้าไวโอเลต	8
2.4 ทฤษฎีและสมการพื้นฐานการพาความร้อน	12
2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบทำความเย็น	16
บทที่ 3 การออกแบบ	42
3.1 ออกแบบโครงสร้างระบบการทำงานของเครื่องและชุดควบคุมการทำงาน	42
3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตน้ำดื่ม	43
3.1.2 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องผลิตน้ำดื่ม	45
3.1.3 โครงสร้างชุดหม้อทำความเย็น	48
3.1.4 โครงสร้างชุดหม้อทำความร้อน	48
3.1.5 โครงสร้างชุดถังพักพรีฮีท (Pre-Heat)	49
3.1.6 โครงสร้างชุดฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดอุลตร้าไวโอเลต	50
3.1.7 การออกแบบและการคำนวณระบบทำความเย็น	58
บทที่ 4 การออกแบบและสร้างโครงงานเครื่องต้นแบบ	74
4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ	74
4.2 รายการวัสดุและอุปกรณ์ของเครื่องต้นแบบ	78
บทที่ 5 การทดลองและสรุปผลการทดลอง	82
บทที่ 6 บทวิจารณ์และสรุป	94
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นและสเปกตรัม	8
รูปที่ 2.2 แสดงช่วงคลื่นแสงยูวีที่ใช้ฆ่าเชื้อโรค	9
รูปที่ 2.3 การก่อตัวของบาวร์ดารี่ เลเยอร์ ของการไหลแบบลามินาร์ในท่อกลม	14
รูปที่ 2.4 ปริมาตรควบคุมสำหรับการไหลภายในท่อ	15
รูปที่ 2.5 สารความเย็น R -12 เหลวกลายเป็นไอในความกดดันของบรรยากาศ ดูดความร้อนจากบริเวณรอบๆ ต่ำลงถึง 5 °C และออกทางรูระบาย	17
รูปที่ 2.6 อุณหภูมิการเดือดของสารความเย็นเหลวในอีแวปปอเรเตอร์ โดยการควบคุมความดันเหนือของเหลวด้วย Throttling valve ตรงทางออก	18
รูปที่ 2.7 ความดันของสารความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์ลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศ โดยใช้ปั๊มดูด	18
รูปที่ 2.8 การควบคุมระดับของสารความเย็นเหลวในอีแวปปอเรเตอร์ด้วยวาล์วลูกลอย (Float valve)	19
รูปที่ 2.9 ขดท่ออีแวปปอเรเตอร์พร้อมด้วย Thermostatic expansion valveเป็นตัวควบคุมความเย็น	20
รูปที่ 2.10 การเก็บและการควบแน่นไอสารความเย็นหลังจากดูดความร้อนในอีแวปปอเรเตอร์และ คายความร้อนออกในเครื่องควบแน่น	21
รูปที่ 2.11 p-h ไดอะแกรมเปรียบเทียบวัฏจักรที่เป็นของเหลวอัดตัวกับวัฏจักรในอุดมคติ	22
รูปที่ 2.12 p-h ไดอะแกรมเปรียบเทียบวัฏจักรไอดงกับวัฏจักรเบื้องต้น	23
รูปที่ 2.13 p-h ไดอะแกรม ที่แสดงความดันตกต่ำในวัฏจักรทำความเย็น	24
รูปที่ 2.14 คอมเพรสเซอร์แบบปิด สำหรับระบบเครื่องเย็นและเครื่องปรับอากาศ	28
รูปที่ 2.15 แสดงตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรกที่ใช้กับเครื่องทำความเย็นทั่วไป	34
รูปที่ 2.16 เคอร์เร้นรีเลย์	36
รูปที่ 2.17 เคอร์เร้นรีเลย์ เสียบเข้ากับขั้วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเทคัมเซ่	37
รูปที่ 2.18 โอเวอร์โหลด	37
รูปที่ 2.19 เทอร์โมสตัทของเครื่องทำความเย็น	38
รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัด	39
รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่อง	42
รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบน้ำ	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด	44
รูปที่ 3.4 ก. ชุดควบคุมระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในตู้	46
รูปที่ 3.4 ข. แสดงวงจรควบคุมระดับน้ำและสวิทช์ทำงานด้วยแสง	47
รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างหม้อน้ำทำความเย็น	48
รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างหม้อทำความร้อน	49
รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างถังพัก พรีฮีท	50
รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างชุดฆ่าเชื้อโรคยูวี	51
รูปที่ 3.9 วงจรการต่อทางไฟฟ้าของหลอดฆ่าเชื้อโรคยูวี	52
รูปที่ 3.10 ก. แสดงชุดตรวจจับการทำงานหลอด ยูวี	53
รูปที่ 3.10 ข. แสดงวงจรเรกกูเลท โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 340	53
รูปที่ 3.11 วงจรไฟฟ้าควบคุมขดลวดความร้อน	54
รูปที่ 3.12 วงจรไฟฟ้าของระบบเครื่องทำความเย็น	55
รูปที่ 3.13 แสดงวงจรทางเดินของน้ำผ่านชุดยูวี และ โซลีนอยล์วาล์ว	56
รูปที่ 3.14 แสดงวงจรทางเดินของน้ำผ่านชุด ถังพักพรีฮีท ไปยังถังทำน้ำร้อน	57
รูปที่ 3.15 แสดงอัตราการดื่มน้ำเย็นของผู้ปฏิบัติงานแบบต่างๆที่กำหนดโดย Temprit , Eaton Corp	58
รูปที่ 3.16 แสดง p - h ชาร์ท ของวัฏจักรทำความเย็นในอุดมคติ	60
รูปที่ 3.17 แสดง p - h ชาร์ท ของ Freon - 12	62
รูปที่ 3.18 p-h diagram ของวัฏจักรทำความเย็นในอุดมคติ	65
รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ	74
รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ(ด้านหน้า)	75
รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ(ด้านข้าง)	76
รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างของเครื่องชุดฆ่าเชื้อโรคยูวี	77
รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างวัฏจักรการทำงานของเครื่องต้นแบบ	82
รูปที่ 5.2 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนในการทำงาน	83
รูปที่ 5.3 กราฟแสดงอุณหภูมิของพรีฮีท ที่เพิ่มขึ้นตามเวลา	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงเชื้อโรคที่พบโดยทั่วไปในน้ำดื่ม	5
ตารางที่ 2.2 แสดงค่าอุณหภูมิที่ใช้กำจัดเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในน้ำดื่ม	6
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของหลอดยูวี	10
ตารางที่ 2.4 แสดงปริมาณแสงยูวี (UV. Dosage) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคชนิดต่างๆ	11
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าการใช้กำลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ	84
ตารางที่ 5.2 แสดงประสิทธิภาพของขดลวดความร้อนแต่ละชนิด	85
ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ไปของ ฮีทเตอร์	85
ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานของ ฮีทเตอร์ หลังจากการใช้น้ำ หมดทุก 30 นาที	86
ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบอัตราส่วนพลังงานที่ประหยัดกรณีต่างๆ	91

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบัน "น้ำ" เป็นสิ่งที่ร่างกายมนุษย์ทุกคนต้องการในการดำรงชีวิต แต่การได้มาซึ่งน้ำนั้น จะมีความปลอดภัยหรือไม่นั้นเราจะต้องคำนึงถึงเป็นอย่างมากเพราะ ถ้าหากน้ำที่ได้มาไม่สะอาดมีเชื้อโรคปะปนอยู่ ซึ่งจะทำให้เกิดโรคภัยต่างๆ แก่ร่างกายมนุษย์เราได้ ซึ่งน้ำเหล่านั้นอาจมาจากหลายๆ แหล่ง เช่น น้ำประปาบาดาล คลอง เป็นต้นโดยคุณภาพที่ได้จากแหล่งเหล่านี้ยังไม่เหมาะสมในการบริโภคเลยทีเดียว เนื่องจากยังมีสิ่งแปลกปลอม เชื้อโรค สารเคมี แฝงตัวเข้ามาได้อยู่ ซึ่งปัจจุบันก็ได้มีการศึกษาและหาทางแก้ไขเพื่อให้น้ำมีความสะอาดมากขึ้นโดยมีกรรมวิธีการใช้การกรอง การกลั่น การต้ม การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลตเป็นต้น ซึ่งทำให้คุณภาพน้ำดีขึ้นเหมาะแก่การบริโภค โดยการบริโภคนั้นในปัจจุบันนั้นน้ำที่ใช้ในการบริโภคจะมีการแบ่งแยกออกคร่าวๆ เป็นน้ำร้อนและน้ำเย็น ตามวัตถุประสงค์ของการบริโภคซึ่งจะต้องมีการนำเครื่องใช้ไฟฟ้ามาทำให้น้ำแหล่งนั้นมีสภาพเป็นน้ำร้อนและน้ำเย็นได้ตามต้องการโดยทั่วไปนั้น นิยมใช้เครื่องทำความเย็นในการผลิตน้ำเย็นออกมาและเครื่องทำน้ำร้อน เพื่อผลิตน้ำร้อนออกมา ซึ่งตัวเครื่องใช้ไฟฟ้าเหล่านี้จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้ามาก

ดังนั้นจากที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จึงทำให้เกิดแนวคิดที่จะรวมการผลิตน้ำร้อนและน้ำเย็น ที่มีความปลอดภัย ปราศเชื้อโรคและสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ ให้รวมเป็นตัวเครื่องเดียวกัน จึงได้พัฒนามาเป็นเครื่องผลิตน้ำดื่มประหยัดพลังงาน ขึ้นมาซึ่งจะประกอบไปด้วยหลักการทำงานของชุดกรองน้ำในการกรองน้ำ จากแหล่งน้ำต่างๆ ให้มีความใสสะอาด แล้วผ่านมายังชุดฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลตโดยน้ำที่ออกมาจะสะอาดพร้อมที่จะนำไปยังชุดผลิตน้ำเย็นผลิตน้ำที่สะอาดที่สุดในการนำมาบริโภคส่วนในเรื่องของการประหยัดพลังงานไฟฟ้านั้นเราจะอาศัยหลักการถ่ายเทความร้อนของตัวคอนเดนเซอร์(Condenser) ของชุดเครื่องทำความเย็น ซึ่งเราจะนำความร้อนที่ถ่ายเทออกมากลับมาใช้ประโยชน์ โดยการอาศัยหลักการพาความร้อน ของตัวคอนเด็นเซอร์ที่กระทำกับน้ำในถังพรีฮีท (Pre-heat) เพื่อเพิ่มอุณหภูมิของน้ำให้สูงขึ้นก่อนที่จะนำน้ำเข้าไปยังถังน้ำร้อนซึ่งจะอาศัยฮีทเตอร์(Heater) ในการทำให้น้ำร้อนตามต้องการ ซึ่งจะทำให้ใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำให้น้ำร้อนลดลงได้โดยตัวเครื่องยังคงมีประสิทธิภาพและรักษาคุณสมบัติเดิมไว้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 ทฤษฎีและคุณสมบัติของน้ำ

ในโครงการนี้นั้น น้ำนับว่ามีส่วนสำคัญอย่างหนึ่ง เนื่องจากเป็นการผลิตน้ำเพื่อใช้ในการดื่ม ดังนั้น เพื่อที่จะทำให้น้ำดื่มที่สะอาด และ บริสุทธิ์ได้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษา และเข้าใจทฤษฎีและคุณสมบัติของน้ำ

ทฤษฎีเกี่ยวกับคุณสมบัติของน้ำ

คุณสมบัติของน้ำที่ใช้บริโภคตามมาตราฐาน(Properties of Water) น้ำที่บริสุทธิ์จะมีคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น สะอาด ใส ไม่มีกลิ่น ไม่มีสี มีจุดเยือกแข็งที่ 0°C จุดเดือดที่ 100 °C ภายใต้ความกดดันอากาศที่ 760 มิลลิเมตรปรอท(Barometric Pressure)และมีความหนาแน่นสูงสุดที่ 14°C ตามปกติน้ำที่บริสุทธิ์จริง ๆ ทำได้ยากนอกจากจะทำการกลั่น หลาย ๆ ครั้ง ทั้งนี้เพราะตามธรรมชาตินำ้จะมีพวกแร่ธาตุ ก๊าซ หรือสารอื่น ๆ ที่มีอยู่ในบรรยากาศเจือปนอยู่ ยิ่งเป็นน้ำผิวดินและน้ำใต้ดิน คุณสมบัติของน้ำจะเปลี่ยนแปลงและผันแปรไปตามแหล่งน้ำที่ไหลผ่านหรือซึมผ่านลงเจือปนอย่างไรก็ตามคุณสมบัติของน้ำพอจะแบ่งแยกได้ ตามประเภทของสิ่งสกปรกที่เจือปนอยู่ นี้คือ

- คุณสมบัติทางกายภาพหรือฟิสิกส์ (Physical Characteristic)
- คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Characteristic)
- คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา (Biological Characteristic)

2.1.1 คุณสมบัติทางกายภาพ (Phycical Characteristic)

น้ำที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ หรือ ทางฟิสิกส์หมายถึง น้ำที่มีกลิ่น สี รส และ มีความร้อน สีอาจขุ่นเนื่องจาก มีสิ่งแขวนลอยอยู่ในน้ำได้แก่ ดินละเอียด โคลนทรายละเอียด สารอินทรีย์ และอินทรีย์วัตถุ หรือสีจากพืชน้ำ เป็นต้น โดยปกติจะแบ่งได้ดังนี้

1. รสและกลิ่นจากสิ่งเจือปนของก๊าซที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น ก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์อัมโมเนียม และก๊าซที่เกิดจากการสลายของอินทรีย์วัตถุ ที่เกิดการเน่าเปื่อย สารเหล่านี้อาจมาจากอาคารที่อยู่อาศัยโรงงานอุตสาหกรรม หรือพืชน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. อุณหภูมิ หรือความร้อน ตามปกติอุณหภูมิของน้ำประมาณ 20°C ธรรมชาติของน้ำอุณหภูมิที่ไม่เปลี่ยนแปลงมากนักนอกจากจะได้รับความร้อนจากโรงงานอุตสาหกรรมทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น อาจทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต และแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว

2.1.2 คุณสมบัติทางเคมี (Chemical Characteristic)

บางแห่งอาจมีสารเคมีที่ก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ ทางที่ดีควรจะนำตัวอย่างน้ำนั้น ๆ มาตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมีก่อน ซึ่งคุณสมบัติทางเคมีที่ตรวจสอบนั้นจะมีการตรวจสอบสิ่งต่าง ๆ ดังนี้คือ

1. สภาพความเป็นกรด (Acidity) เกิดจากพวกคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) เกลือแร่ และกรดออกานิค (Organic Acid) ต่าง ๆ

2. สภาพความเป็นด่าง (Alkalinity) เกิดจากพวกไบร์คาร์บอเนต และ เกลือของพวกกรดอย่างอ่อน ๆ เช่น พวกฟอสเฟต

3. คลอไรด์ (Chloride) น้ำทั่วไปมักมีคลอไรด์ปนอยู่ด้วย เช่นน้ำทะเล น้ำเสียจากบ้านเรือนหรือโรงงาน ในกรณีที่น้ำมีปริมาณของคลอไรด์สูงกว่าปกติ อาจเป็นเครื่องบ่งชี้ให้เห็นว่าน้ำนั้นถูกทำให้สกปรก เนื่องจากน้ำโสโครกได้

4. ฟลูออไรด์ บางแห่งอาจมีฟลูออไรด์ อยู่ในน้ำตามธรรมชาติ ซึ่งนับว่าเป็นผลดี ในการป้องกันโรคฟันผุ แต่ถ้ามีมากเกินไป หรือมากกว่า 1 มิลลิกรัม ต่อ ลิตรอาจทำให้เกิดโรคฟลูออไรซิสเป็นอันตรายได้

5. เหล็ก และแมงกานีสพบได้ในน้ำที่ดิน และหิน การที่มีเหล็กอยู่ในน้ำทำให้สภาพ ไม่น่าดู เพราะทำให้น้ำมีสีสนิม และยังทำให้เสื้อผ้าสกปรก และทำให้รสของเครื่องดื่มเปลี่ยนไปด้วย

6. ไนเตรดเป็นสารที่เกิดจากการสลายตัวของสารไนเตรต เมื่อน้ำดื่มที่มีปริมาณของไนเตรดมากเกินไป อาจจะทำให้เกิดโรคตัวเขียวคล้ำของทารก (Infantcyanosis or blue baby disease) ปริมาณของไนเตรดที่มีมากกว่าปรกติ อาจเป็นเครื่องแสดงว่า น้ำมีสิ่งสกปรกเจือปนอยู่จากน้ำสกปรก ที่มาจากปุ๋ยสัตว์ หรืออุจจาระ หรือสารอินทรีย์ที่เน่าเปื่อย ปริมาณไม่ควรเกิน 4 มิลลิกรัมต่อ ลิตร

7. ตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกาย จะเป็นพิษสะสมอยู่ในร่างกายถ้าแหล่งน้ำมีตะกั่วเกิน 0.05 มิลลิกรัมต่อ ลิตร ควรเลิกใช้น้ำนั้นเสีย

8. ความกระด้างของน้ำ (Hardness)น้ำกระด้างเป็นน้ำที่มีเกลือไบคาร์บอเนต แมกนีเซียมคาร์บอเนตคลอไรด์ หรือซัลเฟตของธาตุแคลเซียม ปะปนอยู่ ความกระด้างของน้ำทำให้เปลืองสบู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการซักฟอกมากกว่าปกติ เป็นปัญหาต่อโรงงานอุตสาหกรรม ทำให้เกิดตะกอนในหม้อต้มน้ำเกิดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

2.1.3 คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา (Biological Characteristic)

น้ำที่ใช้บริโภคจะต้องปราศจากจุลินทรีย์ ที่ทำให้เกิดโรค และ ก่อให้เกิดสภาพไม่น่าดู เช่น บัคเตรี โปรโตซัว สาหร่าย ไวรัส และหนอนพยาธิ จุลินทรีย์บางตัวอาจมาจากอุจจาระของผู้ป่วย จึงจำเป็นต้องป้องกัน มิให้น้ำบริโภคได้รับการปนเปื้อน จากอุจจาระ หรือน้ำโสโครกที่เกิดจากจุลินทรีย์ หรือเชื้อโรคที่อยู่ในน้ำได้แก่ อหิวาตกโรค ไข้ไทฟอยด์ ไข้รากสาดเทียม โรคบิด และโรคตับอักเสบ

โดยปกติแล้วน้ำดื่ม เช่น น้ำประปา จะต้องไม่มีเชื้อจุลินทรีย์ที่มาจากอุจจาระ ในการทดสอบใช้พวกบัคเตรีโคลิฟอร์ม(Coliform group) เป็นต้นซึ่งพวกบัคเตรีโคลิฟอร์ม ประกอบด้วยบัคเตรี 2 ตัว คือ อีคอล์ย (E. Coil) และ เออโรเบคเตอร์ เออโรจีนีส (Aerobacter aerogenes) ที่ใช้ดัชนีบอกถึงความสกปรกของน้ำทางด้านจุลชีววิทยา การใช้พวกจุลินทรีย์ในกลุ่มโคลิฟอร์มเป็นดัชนีนั้น เนื่องจากตรวจพบได้ง่ายในห้องทดลอง วิธีการไม่ยุ่งยากเกินไปนัก และมีชีวิตอยู่ในน้ำได้

2.1.4 มาตราฐานน้ำดื่ม

กระทรวงสาธารณสุข และการประปานครหลวงได้กำหนดค่าทางเคมีและทางกายภาพ และทางบัคเตรี ดังนี้

มาตราฐานของน้ำดื่ม

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข กำหนดมาตราฐานของน้ำดื่มไว้ ดังต่อไปนี้

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

สี (หน่วยมาตราฐานของ Hazen Unit)	ไม่เกิน	20	หน่วย
ความขุ่น (Silica Scale)	ไม่เกิน	5	หน่วย
ค่า	ต้องอยู่ระหว่าง	6.5-8.0	หน่วย

คุณสมบัติทางเคมี

คลอไรด์ (as chlorine)	ไม่เกิน	250	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
ฟลูออไรด์ (as fluorine)	ไม่เกิน	1.0	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
ซัลเฟต (as Na2 So4)	ไม่เกิน	250	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
ไนเตรต (as nitrogen)	ไม่เกิน	4.0	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
ไนไตรท์ (as nitrogen)	ไม่เกิน	0.002	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มิเนียล อัมโมเนีย อิสระ (as ammonia) ไม่เกิน 0.06 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

อัลบูมิเนียม (Albuminoil ammonia as ammonia) ไม่เกิน 0.1 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

สารหนู ไม่เกิน 0.05 มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

ทองแดง	ไม่เกิน	3.0	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
เหล็ก	ไม่เกิน	1.0	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
แมกนีเซียม	ไม่เกิน	250	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
สังกะสี	ไม่เกิน	15	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร
ความกระด้าง	ไม่เกิน	300	มิลลิกรัม ต่อ ลิตร

2.1.5 คุณสมบัติทางบัคเตรี

1. บัคเตรีที่เพาะบนอะการ์ 37 ซี 24 ชั่วโมง ไม่เกิน 500 โคโลนี ต่อ มิลลิกรัม
2. Most Probable Number of Coliform ต้องน้อยกว่า 2.2 Organisms per 100
3. อีคอล์ยชนิดที่ 1 (Escherichia coil) ต้องไม่มี

จากการตรวจสอบคุณภาพของน้ำบริโภค ในจังหวัดต่าง ๆ ในประเทศ พบเชื้อโรคปะปนอยู่ในน้ำดื่ม ดังนี้

เชื้อที่พบในน้ำดื่ม	ทำให้เกิด
โคลิฟอร์ม	
อีคอล์ย	ท้องร่วง (ในเด็ก)
เอส เออเรียส(S. Aureus)	อาหารเป็นพิษ (แบบไม่รุนแรง)
ซี เพอฟิงเจนส์(C. Perfringens)	อาหารเป็นพิษ (ในเด็ก, คนชรา)
ซอลมอยลา(Salmouella)	ท้องร่วง, อาหารเป็นพิษไทฟอยด์

ตารางที่ 2.1 แสดงเชื้อโรคที่พบโดยทั่วไปในน้ำดื่ม

ตารางที่ 2.2 จะแสดงระดับอุณหภูมิที่สามารถฆ่าเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ ได้ จากตารางจะเห็นว่าเราสามารถจ่ายพลังงานความร้อนให้แก่น้ำที่อุณหภูมิประมาณ 65°C ก็สามารถกำจัดเชื้อโรคที่ปะปน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ในน้ำได้ จะมีแค่เชื้อโรคโคลิฟอร์ม เท่านั้นที่ต้องใช้ค่าอุณหภูมิถึง100°C แต่เนื่องจากเชื้อโรคชนิดนี้ ไม่ได้ทำให้เกิดโรคแก่มนุษย์ ดังนั้นเราจึงสามารถใช้งานน้ำที่มีอุณหภูมิ 65°C ในการดื่มได้อย่างปลอดภัย

ค่าอุณหภูมิที่สามารถกำจัดเชื้อโรคแต่ละชนิดได้แสดงดังตารางข้างล่าง

เชื้อโรคที่พบในน้ำดื่ม	อุณหภูมิ (°C) ที่ทำให้เชื้อโรคตาย
อีคอล์ย	57.3
เอส เออเรียส	60
ซี เพอฟิงเจนส์	62.5
ซอลมอยลา	60
โคลิฟอร์ม	100

ตารางที่ 2.2 แสดงค่าอุณหภูมิที่ใช้กำจัดเชื้อโรคที่ปะปนอยู่ในน้ำดื่ม

2.2 ทฤษฎีของชุดกรองน้ำ

ธรรมชาติของน้ำที่แตกต่างกัน ในแต่ละที่อาจทำให้เราต้องพบกับปัญหา สิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่อยู่ในน้ำ และน้ำจากแหล่งที่มาซึ่งต่างกันก็จะมี สิ่งปนเปื้อนมากับน้ำที่แตกต่างกันออกไปยกตัวอย่าง เช่น

- น้ำฝนในบางเขตพื้นที่ ซึ่งจะไม่เหมาะแก่การบริโภคเนื่องจาก โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ และควันจากท่อไอเสียของรถยนต์ ได้สร้างมลภาวะ และสารพิษสู่อากาศ และส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพของน้ำฝนในเขตพื้นที่นั้น ๆ
- น้ำบาดาล จะเป็นน้ำที่มีปัญหาทางด้านเคมี ฟิสิกส์มากที่สุด เนื่องจากมีสารละลายสูงและปัญหาแบคทีเรียที่ปนมากับน้ำ
- น้ำประปา ก็ยังมีความเสี่ยงต่อการเป็นนิ่ว เนื่องจากยังมีตะกอน สนิมเหล็ก หินปูน เชื้อโรคต่าง ๆ และยังมีคลอรีนอยู่ในปริมาณมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้
- น้ำต้ม แม้ว่าเป็นน้ำที่ถือได้ว่าสะอาดมากแล้ว แต่ก็ไม่สามารถขจัดสารละลายที่มีในน้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างข้างต้น จะเห็นว่าแม้แต่น้ำประปาที่ใช้อุปโภค และบริโภคหลักในชีวิตประจำวันคุณภาพของน้ำก็จะไม่ดีเสมอไป จะมีการขึ้นลงของคุณภาพน้ำ บางวันอาจขุ่นเนื่องจากการซ่อมท่อ บางวันอาจขุ่น เนื่องจากมีการหยุดน้ำ บางวันอาจจ่ายคลอรีนในเกณฑ์สูงกว่าปกติ ก็จะมีปัญหาต่าง ๆ ตามมา ส่วนการต้มน้ำเป็นการฆ่าเชื้อโรคในน้ำที่หายขาด แต่ก็ช้าและสิ้นเปลืองพลังงานมาก และยังไม่สามารถขจัดความขุ่นของน้ำได้ และไม่ทำให้ตะกรันหมดไป และไม่สามารถขจัดกลิ่นคลอรีนได้

ชุดกรองน้ำจะมีประสิทธิภาพสูงมากในการกำจัดสารแขวนลอย และสารคลอลอยด์ที่อยู่ในน้ำสกปรกต่าง ๆ ที่มีอยู่ในน้ำจะถูกกำจัดออกไป

ชุดกรองน้ำสามารถจำแนกโดยทั่วไปได้ 3 ประเภท ตามชนิดของไส้กรองคือ

1. ไส้กรองชนิดเม็ด (Granular) เป็นลักษณะการกรองที่บรรจุสารกรองชนิดเม็ดลงไปในถังกรอง เม็ดสารกรองดังกล่าว มีหลายประเภท ขึ้นอยู่กับประเภทของการออกแบบ ของประเภทน้ำที่นำมาวิเคราะห์ตัวอย่างสารกรอง เช่น คาร์บอน เรซิ่น (resin) แมงกานิสแซนด์ (YBF) แมงกานีสซีโอไลท์ ทรายกรอง

2. ไส้กรองชนิดเยื่อส่วนใหญ่ทำจากโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ลักษณะเหมือนเยื่อกระดาษ สามารถกรองน้ำใสได้เท่ากัน ไม่สามารถกรองหินปูน และ รส กลิ่น สี ได้ เหมาะสำหรับกรองเพื่อใช้เท่านั้นไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ดื่ม

3. ไส้กรองทำด้วยดินเผา จะมีรูเล็ก ๆ ไว้กันความขุ่นของน้ำมิให้เข้าได้ ไส้กรองประเภทนี้สามารถกรองแบคทีเรียบางชนิดได้ แต่ไม่สามารถกรองหินปูน และ รส กลิ่น สี คลอรีน ได้ จึงไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ดื่ม

ดังนั้นในการวิเคราะห์ และออกแบบชุดกรองน้ำสำหรับบริโภคตามคุณสมบัติที่ถูกหลักอนามัยนั้นจึงนิยมใช้สารคาร์บอน และสารเรซิ่นเพราะ มีคุณสมบัติที่ดีที่จะนำมาวิเคราะห์ได้ดังนี้

คาร์บอน (Activated carbon) มีคุณสมบัติใช้กำจัด รส กลิ่น สี และความขุ่นในน้ำ คลอรีน โลหะหนักบางประเภท สารอินทรีย์

เรซิ่น (Cation resin - nacyle) ใช้กำจัดสารบางประเภทในน้ำ เช่น หินปูนในน้ำซึ่งอาจก่อให้เกิดตระกรันในหม้อต้มน้ำ หรือกาต้มน้ำ น้ำกระด้างสูง ดื่มเข้าไปอาจทำให้เกิดนิ่วได้ เรซิ่น ดังกล่าวจะกำจัดหินปูนให้เหลือใกล้สูญ คือ ทำให้เป็นน้ำอ่อน (Softener)

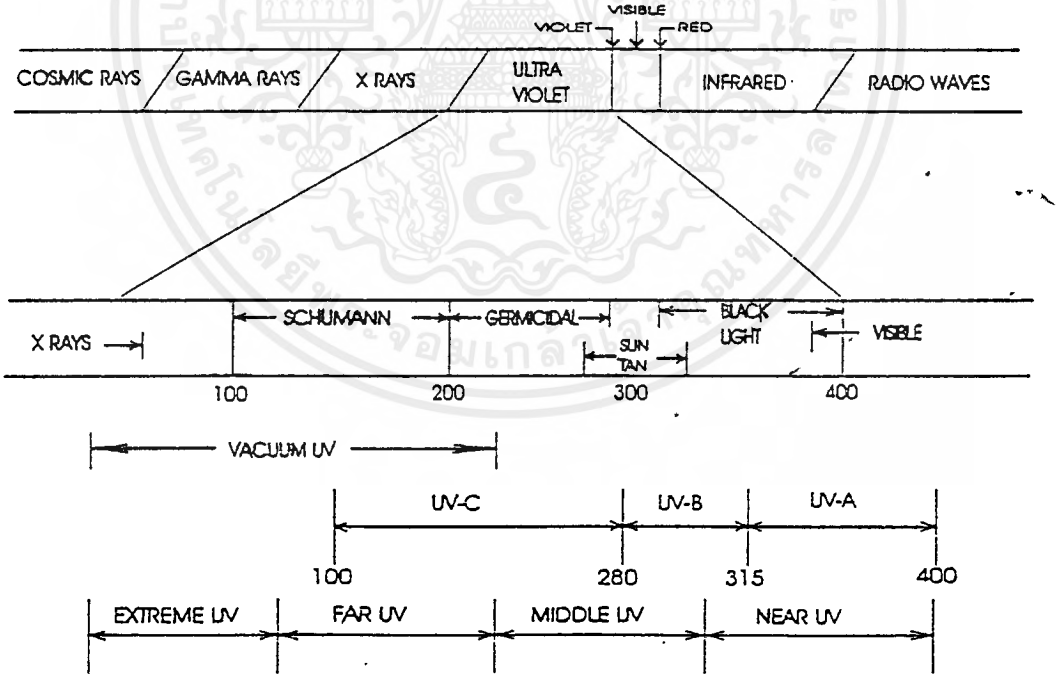
กล่าวคือ การกรองนอกจากจะช่วยทำให้น้ำประปาที่ดีอยู่แล้ว เป็นน้ำที่ดียิ่งขึ้นไปอีกกล่าวคือ ทำให้น้ำที่ปราศจาก รส กลิ่น สี และความขุ่นมัว และยังช่วยทำให้น้ำประปาที่ดีอยู่แล้วเป็นน้ำที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดียิ่งขึ้นไปอีก กล่าวคือทำให้น้ำที่ปราศจาก รส กลิ่น สี ความขุ่นมัวและยังช่วยให้คุณภาพน้ำดีคงที่อีกด้วย ตราบเท่าที่เครื่องกรองน้ำยังมีประสิทธิภาพดีอยู่

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับการฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดแสงอุลตร้าไวโอเลต (Ultraviolet Lamp)

ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ Disinfection และ Sterilization โดย Disinfection หมายถึง การฆ่าจุลินทรีย์ซึ่งเป็นสาเหตุ ของโรคต่าง ๆ ส่วน Sterilization นั้น หมายถึงการทำลายจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อยู่ในน้ำ น้ำประปาควรผ่านการเชื้อโรคด้วยวิธี Disinfection เป็นอย่างน้อย การทำ Sterilization ให้กับน้ำประปานั้น ไม่เป็นที่นิยมเนื่องจากเสียค่าใช้จ่ายสูงมาก จนเกินไป ในทางปฏิบัติระบบประปาทั้งหลาย จึงทำการฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยวิธี Disinfection การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลตก็จัดอยู่ในแบบ Disinfection และสารที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรค เรียกว่า Disinfectant ได้แก่ ก๊าซคลอรีน หรือสารประกอบคลอรีนอื่น ๆ โอโซน โปแตสเซียมเปอร์แมงกาเนต ($KMnO_4$) เงิน และ อื่น ๆ



รูปที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นและสเปกตรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

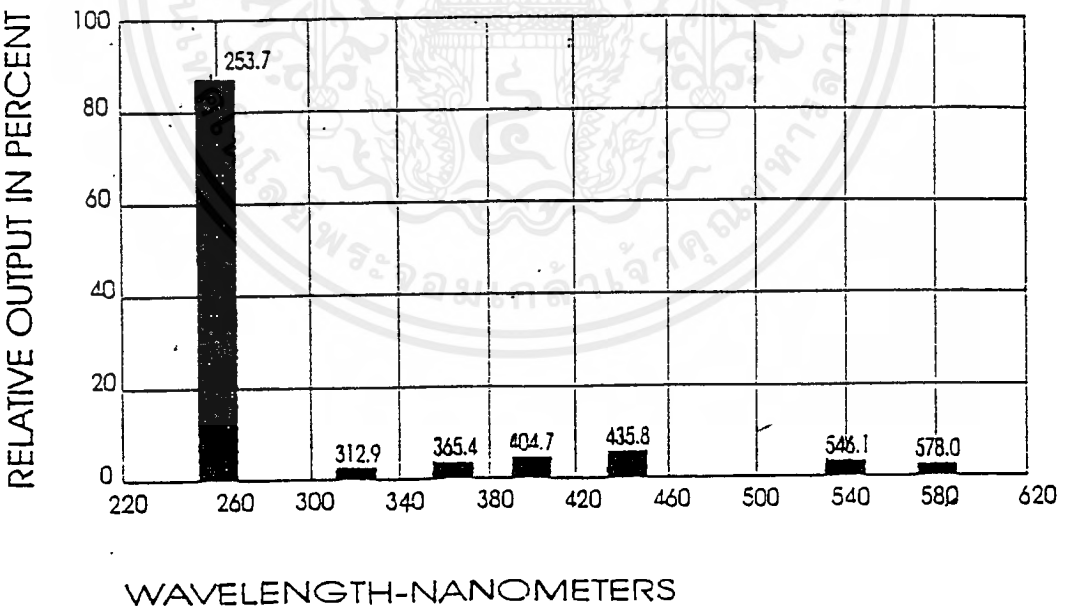
2.3.1 การฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลต

สายตาคนเราไม่สามารถมองเห็นแสงอุลตร้าไวโอเลต แต่แสงนี้อาจทำให้วัสดุสีขาว หรือสีอื่นบางสีมีความจ้าขึ้นได้ คลื่นแสงยูวีความยาวตั้งแต่ 200 - 390 นาโนเมตร (Nanometers หรือ nm.) ซึ่งอาจแบ่งได้เป็น 3 ช่วงดังนี้ คือ

1 ช่วงคลื่นยาว หรือ อินฟราเรด (Infrared) [ตั้งแต่ 325 - 390 nm.] แสงช่วงนี้มีอำนาจฆ่าเชื้อโรคต่ำสามารถพบได้ในแสงแดด และไม่สามารถมองเห็นได้(Invisible) อย่างเช่นความร้อนเป็นต้น

2. ช่วงคลื่นปานกลาง หรือพลังงานที่สามารถมองเห็นได้ (Visible) [ตั้งแต่ 295 - 325 nm.] มีอำนาจในการฆ่าเชื้อโรคได้ ถ้ามีเวลาสัมผัสเพียงพอ แสงช่วงนี้พบได้ในแสงแดดเช่นกันและเป็นแสงสำหรับอาบแดด เพื่อให้ผิวคล้ำ

3. ช่วงคลื่นสั้น [ตั้งแต่ 200 - 295] แสงช่วงนี้ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคได้ดีที่สุด (ดูภาพที่ 2.2) สามารถทำลาย แบคทีเรีย (Bacteria) ไวรัส (Virus)



รูปที่ 2.2 แสดงช่วงคลื่นแสงยูวีที่ใช้ฆ่าเชื้อโรค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 หลอดฆ่าเชื้อโรค

หลอดฆ่าเชื้อโรค คือ หลอดไฟชนิดหนึ่งมีลักษณะเหมือนกับหลอด ฟลูออเรสเซนต์(Fluorescent) ทั้งในด้านขนาด รูปร่างขนาดของกำลังไฟฟ้า และก็ยังมีอุปกรณ์ประกอบหลอดที่ต้องมีทั้ง บาลลาสต์ (Ballast) และ สตาร์ทเตอร์ (Starter)

หลอดยูวี เป็นหลอดที่ประกอบด้วยไอปรอทที่มีความดันต่ำภายในหลอดแก้วหลอดไฟยูวี ที่จำหน่ายกันโดยทั่วไป และเพื่อฆ่าเชื้อโรคในน้ำมักมีความยาวคลื่นประมาณ 253.7 nm.(ดูรูปที่ 2.2) แก้วที่ใช้ทำหลอด ต้องเป็นแก้วพิเศษที่ยอมให้แสงยูวีส่องผ่านได้ตลอด เช่น Quartz หรือแก้วที่มีเนื้อซิลิกาสูงมาก ๆ เป็นต้น โดยปกติ หลอดไฟยูวีซึ่งเป็นท่อยาวตั้งแต่ 12 - 48 นิ้ว มักมีอายุไม่น้อยกว่า 7500 ชั่วโมง (อายุประกันโดยผู้ผลิต) และมีความสิ้นเปลือง ดังนี้

ความยาวของหลอดไฟ	พลังงานไฟฟ้าที่ต้องการ	พลังงานของแสง UV. ที่มีความยาวคลื่น253.7 nm
12 นิ้ว	8 วัตต์	1.3 วัตต์
18 นิ้ว	18 วัตต์	5.8 วัตต์
36 นิ้ว	39 วัตต์	14.6 วัตต์
48 นิ้ว	110 วัตต์	51.5 วัตต์

ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของหลอดยูวี

2.3.3 หน่วยที่ใช้ในการวัดปริมาณ (Dosage) ของแสงอุลตร้าไวโอเลตที่ใช้กับน้ำ

ในขณะที่ปริมาณการใช้สารเคมีต่าง ๆ (Chemical dosage) วัดหรือแสดงได้ด้วยน้ำหนัก เช่น ต้องใช้น้ำส้ม 50 มก./ล. หรือ 230 กก./วัน เป็นต้นปริมาณการใช้แสงอุลตร้าไวโอเลต (UV. Dosage) จะวัดได้ด้วย หน่วย ไมโครวัตต์ - วินาที./ตร.ซม. (uW - sec/cm^2) ซึ่งเกิดจากผลคูณระหว่างความเข้มของแสงใน หนึ่ง หน่วยพื้นที่ หน่วย ไมโครวัตต์ /ตร.ซม. กับเวลาสัมผัสระหว่างแสงกับน้ำ หน่วยวินาที การวัดปริมาณแสงยูวีอาจใช้ หน่วย Ulirad ซึ่งมีค่าเท่ากับ 1 ไมโครวัตต์ - วินาที./ตร.ซม. ก็ได้

เชื้อโรคต่าง ๆ มีความต้านทานต่อแสงยูวีได้ไม่เท่ากัน ดังจะแสดงได้จากตารางที่ 2.2 ความต้องการแสงยูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรคมีค่าอยู่ในช่วง 3400 - 8000 ไมโครวัตต์ - วินาที./ตร.ซม. อย่างไรก็ตามเพื่อให้มีความแน่ใจในการฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีจึงควรใช้ปริมาณแสงยูวีไม่น้อยกว่า20,000 ไมโครวัตต์ - วินาที./ตร.ซม. ในการฆ่าเชื้อโรคในน้ำ ในกรณีเช่นนี้หลอดไฟยูวีควรให้ปริมาณแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ต่ำกว่า 30,000 ไมโครวัตต์ - วินาที./ ตร.ซม. ที่ความยาว 253.7 nm. ทั้งนี้เพราะมักมีการสูญเสียแสงยูวีบางส่วนเกิดขึ้นเสมอ

ชนิดของเชื้อโรค	โรคที่เกิด	ปริมาณแสง UV.
Salamonella	Thyphoid fever	4100
Salamonella paratyphi	Enteric fever	6100
Shigella flexneri	Dysentery	3400
Vibro comma	Cholera	6500
Leptospira spp	Infectious jaundice	6000
Poliovius	Poliomyelitis	6000
Unidentified	Infectious hepatitis	8000

ตารางที่ 2.4 ปริมาณแสงยูวี (UV. Dosage) ที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคชนิดต่าง ๆ

2.3.4 คุณสมบัติที่ต้องการของเครื่องฆ่าเชื้อโรคในน้ำด้วยแสงยูวี

1. แสงยูวีควรมีความยาวคลื่น 253.7 nm. และมีความเข้มไม่น้อยกว่า 16,000 uW - sec / cm^2 ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ภายในห้องฆ่าเชื้อโรค

2. น้ำที่จะให้แสงส่องผ่านเข้าไปฆ่าเชื้อโรคต้องไม่ลึกกว่า 7.5 ซม.

3. ตัวหลอดไฟยูวี ควรสร้างขึ้นจาก Quartz หรือแก้วที่มีเนื้อซิลิกาสูง ทั้งนี้เพื่อให้มีการดูดกลืน แสงยูวีเกิดขึ้นน้อยที่สุดนอกจากนี้ อุณหภูมิทำงานของหลอดแสงยูวีควรสูงประมาณ 105 °F

4. ก่อนใช้เครื่องยูวี ต้องอุ่นเครื่องประมาณ 2 นาที ดังนั้น จึงต้องมีอุปกรณ์หน่วงเวลามิให้น้ำไหลเข้าเครื่องในระหว่างเวลาอุ่นเครื่อง ทั้งนี้ เพื่อมิให้มีการผลิตน้ำที่ยังไม่ได้ฆ่าเชื้อโรคผ่านออกจากเครื่องยูวี ในระหว่างที่เครื่องยังไม่ทำงาน

5.ต้องมีอุปกรณ์ควบคุมอัตราไหลของน้ำที่ผ่านเข้าเครื่องมิให้สูงเกินกว่าอัตราที่เหมาะสม โดยมาตรฐานจะมีค่าอยู่ที่ 1 ลบ.ม./นาที

6.ในกรณีที่มีเหตุขัดข้อง(ไม่ว่าด้วยประการใดๆ) ทำให้เครื่องยูวีไม่ทำงานต้องมีวาล์วอัตโนมัติสำหรับควบคุมมิให้น้ำที่ยังไม่ฆ่าเชื้อ ไหลเข้าไปในระบบน้ำดื่ม

7. ควรมีระบบสัญญาณเตือนให้รู้ถึงความผิดปกติของเครื่องฆ่าเชื้อโรค

8. วัสดุที่ใช้สร้างเครื่องยูวี ต้องไม่ทำให้น้ำเป็นพิษทั้งทางตรงและทางอ้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9.เครื่องยูวีต้องไม่ทำให้ผู้ใช้ได้รับอันตราย เนื่องจากการสัมผัสกับแสงยูวีมากเกินไปหรือเนื่องจากไฟฟ้าลัดวงจร หรือ อื่น ๆ

2.3.5 ขีดจำกัดและข้อดีของการให้แสงยูวีในการฆ่าเชื้อโรค

แสงยูวีฆ่าเชื้อโรคในน้ำได้ก็ต่อเมื่อมันเห็นเชื้อโรค ดังนั้นน้ำต้องปราศจากความขุ่นหรือสีความขุ่นหรือสิ่งสกปรกสามารถเกาะจับอยู่บนหลอดแสงยูวี และ ทำให้แสงยูวีไม่สามารถส่องผ่านได้ตลอดความลึก สาเหตุอย่างหนึ่งในอดีต ที่ทำให้การฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงยูวีไม่ได้รับความนิยม คือ จำแนกไม่ได้ถึงสาเหตุของความล้มเหลวของแสงยูวีแต่ในปัจจุบันเราสามารถวัดระดับความเข้มข้นของแสงได้ทำให้สามารถทราบถึงสาเหตุของความผิดปกติของแสงยูวี และแก้ไขข้อบกพร่องได้

2.4 ทฤษฎีและสมการพื้นฐานการพาความร้อน

2.4.1 การพาความร้อน

การพาความร้อน คือ การถ่ายเทความร้อนระหว่างของไหลและผิวของแข็ง โดยการพาความร้อนแบ่งออกได้ เป็น 2 แบบ คือ

การพาความร้อนตามธรรมชาติ (Natural Convection)

การพาความร้อนตามธรรมชาติ เกิดขึ้นเมื่อของแข็งอยู่ในของไหลซึ่งไม่เคลื่อนที่โดยกลไกภายนอกในกรณีนี้ถ้าของแข็งมีอุณหภูมิมากกว่าของไหลความร้อนจะเริ่มถ่ายเทจากผิวของของแข็งไปสู่ของไหลที่บริเวณใกล้เคียง โดยการนำความร้อน (Conduction) เมื่อของไหล บริเวณใกล้เคียงกับของแข็งมีอุณหภูมิสูงขึ้นจะมีความหนาแน่นต่ำลง และ เคลื่อนที่ของไหลในกรณีนี้เกิดขึ้นจากความแตกต่างของความหนาแน่นของความหนาแน่นของของไหล

การพาความร้อนแบบบังคับ (Force Convection)

การพาความร้อนโดยบังคับซึ่งเกิดขึ้นเมื่อของไหลมีความเร็วอยู่แล้วโดยกลไกภายนอกเช่น พัดลมหรือสูบน้ำ เมื่อของไหลมีความเร็วเราจะต้องทราบกลไกในการเคลื่อนที่ของของไหลก่อน โดยปกติเราจะแบ่งการไหลของของไหลเป็น 2 แบบ คือ การไหลแบบราบเรียบ (Laminar flow) และการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow) ในการไหลแบบราบเรียบซึ่งของไหลไหลเป็นชั้น ๆ โดยการนำผ่านชั้นของของไหล ในกรณีของการไหลแบบปั่นป่วนซึ่งของไหลเคลื่อนที่อย่างไม่เป็นระเบียบ มีการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางการไหลของของไหลด้วยการเคลื่อนที่นำความร้อนไปยังที่อื่น ดังนั้น ยิ่งการไหลแบบอลวนมากเท่าใด การเคลื่อนที่ของความร้อนจะยิ่งมากยิ่งขึ้น

เนื่องจากการเคลื่อนที่ของความร้อนในการพาความร้อนมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการเคลื่อนที่ของของไหลดังนั้นก่อนที่จะศึกษากลไกของการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะต้องมีความรู้เกี่ยวกับกลไกของการเคลื่อนที่ของของไหล ในบริเวณที่เกิดการถ่ายเทความร้อนเสียก่อนจะต้องรู้ว่าการเคลื่อนที่ของของไหล นั้นเป็นแบบราบเรียบหรือแบบปั่นป่วนและจะต้องรู้ว่าความเร็วและอุณหภูมิของของไหลเปลี่ยนแปลงอย่างไรบริเวณที่เกิดการพาความร้อน

อัตราการถ่ายเทความร้อน โดยการพาความร้อนคำนวณได้จากสมการ

$$q = h(T_h - T_c) \qquad (2.1)$$

โดยที่สมการนี้เป็นสมการที่ใช้สำหรับคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนโดยการพาในกรณีทั่ว ๆ ไป

q = อัตราการถ่ายเทความร้อน (W/m^2)

h = สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ($W/(m^2.^\circ C)$)

T_h = อุณหภูมิของของไหลที่อุณหภูมิสูง ($^\circ C$)

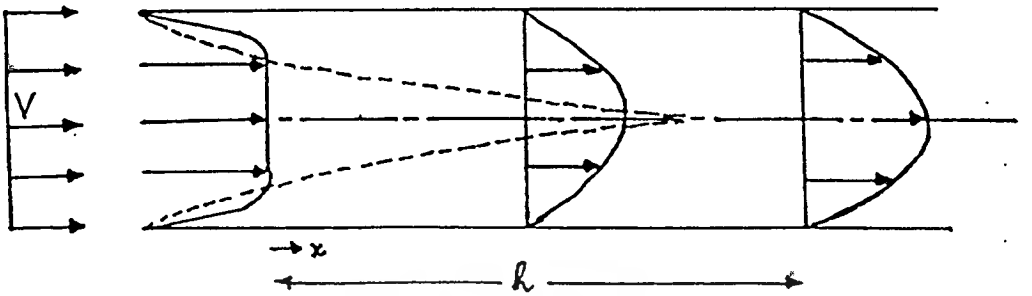
T_c = อุณหภูมิของของไหลที่อุณหภูมิต่ำ ($^\circ C$)

ถ้ารู้ค่าของ h จะคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนได้ จะเห็นว่ามีปริมาณต่าง ๆ มากมายที่มีอิทธิพลต่อการพาความร้อน เช่น ลักษณะการวางตัวของพื้นผิว ความเร็วของของไหล , ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่าง พื้นผิวและของไหล เพราะปริมาณนี้จะทำให้เกิดการหมุนเวียนของของไหลขึ้น คุณสมบัติความร้อนจำเพาะ (C_p) เป็นต้น การที่คำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนได้เราจะต้องรู้ว่าปริมาณที่กล่าวมาแล้วมีอิทธิพลอย่างไรกับ h (สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน) จึงเป็นกระบวนการที่ซับซ้อน การหาสมการทั่ว ๆ ไปมาใช้คำนวณหาค่า h ให้ใช้ได้ทุกกรณีนั้นยังไม่มีใช้ในตอนนี้ มีเพียงแต่ใช้ได้บางกรณีเท่านั้น

2.4.2 การพาความร้อนแบบบังคับสำหรับการไหลในท่อ

การไหลภายในท่อ มีข้อแตกต่างจากการไหลภายนอก คือ การไหล ภายในท่อมีขอบเขตจำกัดโดยที่ความหนาของบาวเดอร์รี่ เลเยอร์ (Boundary layer) ไม่สามารถเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ได้ เพราะว่าเมื่อไหลไปได้ระยะหนึ่งบาวเดอร์รี่ เลเยอร์ (Boundary layer) ก็จะก่อตัวเต็มพื้นที่หน้าตัดของท่อ จึงไม่สามารถขยายออกไปได้อีกรูปร่างของความเร็วจะมีลักษณะชัดเจนแน่นอนไม่เปลี่ยนแปลงอีก ต่อไป ซึ่งการไหลเช่นนี้เรียกว่า การไหลที่ปรับตัวเต็มที่แล้ว (Fully developing flow) ส่วนการไหลก่อนหน้านี้เรียกว่าการไหลที่กำลังปรับตัว (Developing flow) และเรียกช่วงระยะของการไหลแบบนี้ว่า ช่วงทางเข้าของของไหล (Hydrodynamic entrance region)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การก่อตัวของบาวร์ดารี่ เลเยอร์ ของการไหลแบบลามินาร์ในท่อกลม

การพิจารณาว่าการไหลเป็นแบบราบเรียบ (Laminar) หรือแบบปั่นป่วน (Turbulent) เท่านั้นจะต้องพิจารณาที่ค่าเรโนลด์นัมเบอร์ (Renold number) ดังนั้นจึงต้องคำนวณหา เรโนลด์ -นัมเบอร์ ซึ่งคำนวนได้จาก

$$Re = (\rho V D) / \mu \qquad (2.2)$$

ρ = ความหนาแน่นของของไหล (kg/m^3)

V = ความเร็วของของไหล (m/s)

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ (m)

μ = ความหนืดของของไหล (kg/(m.s))

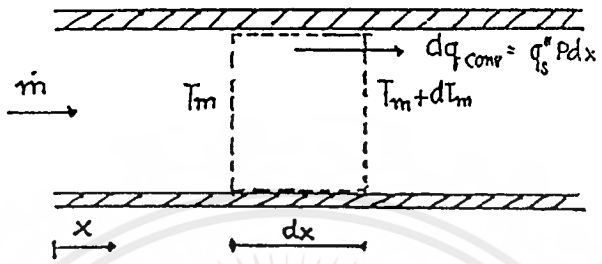
เรโนลด์นัมเบอร์ (Renold Number)วิกฤติ สำหรับช่วงการเปลี่ยนแปลงของของไหลจากแบบราบเรียบ (Laminar) เป็นแบบปั่นป่วน (Turbulent) เริ่มต้นจาก

$Re = 2300$

2.4.3 การสมดุลย์ของพลังงาน (Energy balance)

การพิจารณาการไหลในท่อตามรูปที่ 2.4 ของของไหลด้วยอัตรามวลคงที่ และมีการพาความร้อนเกิดขึ้นผิวภายในโดยทั่วไปการเปลี่ยนแปลงพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ของของไหล รวมทั้งการนำความร้อนในทิศทางแนวแกนจะไม่นำมาคิด ดังนั้นจึงไม่มีงานเพลา ซึ่งการกระทำโดยของไหลขณะไหลผ่านท่อแล้วจะมีเพียงอิทธิพลที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนและงานจากการไหลเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ปริมาตรควบคุมสำหรับการไหลภายในท่อ

จากสมดุลพลังงาน จะได้สมการสำหรับท่อทั่วไปคือ

$$Qconv = mc_p(T_{mo} - T_{mi}) \qquad (2.3)$$

T_{mo} = อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหลทั่วพื้นที่หน้าตัดของขาออก

T_{mi} = อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหลทั่วพื้นที่หน้าตัดของขาเข้า

2.4.4 การไหลแบบปั่นป่วน ในท่อกลม

ดิตตัส - โบลเตอร์ (Dittus - Boelter) ได้เสนอสมการซึ่งใช้ได้ในช่วง

$0.7 <= Pr <= 160$

$Re >= 10000$

$L/D >= 10$

คือ $Nu = 0.023\ Re^{0.8} Pr^{n}$ (2.4)

n = 0.4 เมื่อระบบเป็นขบวนการรับความร้อน

n = 0.3 เมื่อระบบเป็นขบวนการคายความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 สมการแบบเอมไพริกัลสำหรับคำนวณสัมประสิทธิ์การพาความร้อนสำหรับการพาตามธรรมชาติ

สมการสำหรับคำนวณหาสัมประสิทธิ์ การพาความร้อนระหว่างวัตถุและของไหลที่เรามีใช้คำนวนหาค่าของสัมประสิทธิ์การพาความร้อน และของไหลทุกชนิดในที่นี้เราจะนำสมการของมอแกน (Morgan) ซึ่งใช้ในช่วง $10^{-10} < Ra_D < 10^{12}$

$$Nu = hD/k = CRa_D^n \qquad (2.5)$$

2.4.6 ความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิของของไหลเชิงลอการิทึม

(Loarithmic Mean Temperature Different) , LMTD

จะเห็นได้ว่าของไหลในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของตัวเองขณะที่ไหล ดังนั้นการหาความแตกต่างของอุณหภูมิโดยใช้ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic mean) มาลบกันจึงให้ผลคลาดเคลื่อนจากความจริงมาก เราจึงจำเป็นที่ต้องศึกษาวิธีการคำนวณค่าความแตกต่างของอุณหภูมิของไหลที่ถูกต้อง

โดยที่ LMTD (Logarithmic mean temperature difference) คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิโดยเฉลี่ยที่ถูกต้อง

2.5 ทฤษฎีเกี่ยวกับระบบทำความเย็น

2.5.1 หลักการทำความเย็นเบื้องต้น

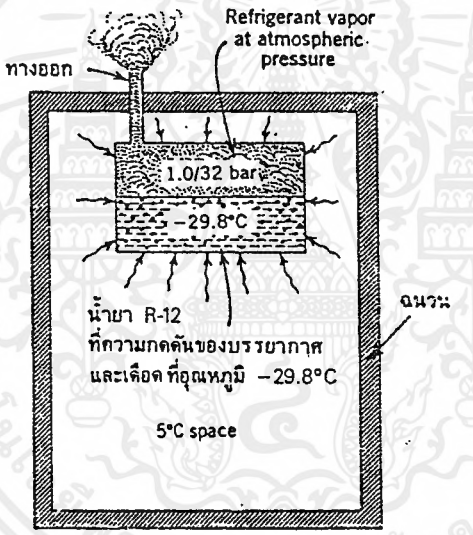
2.5.1.1 การกลายเป็นไอของของเหลว

ตามรูป 2.5 ภาชนะใหญ่คงตัวมีฉนวนหุ้มอยู่ภาชนะเล็กวางอยู่ในภาชนะใหญ่บรรจุของเหลว R-12และมีปลายเปิดสู่บรรยากาศภายนอกสารความเย็นเหลวR-12 อยู่ภายใต้ความกดดันของบรรยากาศ (101.325 kpa หรือ 1.03 kg/cm) และ อุณหภูมิอิ่มตัวของสารความเย็นเหลว R-12 ที่มีความสัมพันธ์กับความดันนี้มีค่าประมาณ -29.8°C ดังนั้นของเหลว R-12 กลายเป็นไอที่อุณหภูมิ 5°C ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของ R-12มีค่าเท่ากับ 174 kJ/kg (133.57 kcal/kg) เพราะว่าอุณหภูมิของของเหลวคงที่ในระหว่างกระบวนการกลายเป็นไอ การทำความเย็นจะดำเนินต่อไป จนกระทั่งของเหลวกลายเป็นไอหมด ภาชนะที่แสดงไว้ในรูป 2.5 ซึ่งของเหลวได้กลายเป็นไอ และความร้อนได้ถูกดูดเอาไว้โดยภาชนะเล็กจากพื้นที่ที่ต้องการทำให้เย็น เรียกว่า อีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญอันหนึ่งของระบบทำความเย็นชนิดอัดไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.2 การควบคุมอุณหภูมิของการกลายเป็นไอ

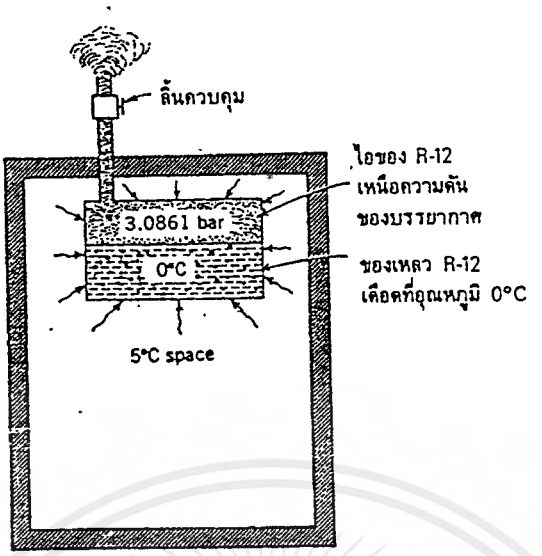
อุณหภูมิของการกลายเป็นไอของของเหลวจะขึ้นอยู่กับความดัน เพราะฉะนั้น อุณหภูมิของการกลายเป็นไอของ ของเหลวจะเกิดขึ้นที่ความดันใดความดันหนึ่งตามรูปที่ 2.6 ความดันในอีแวปปอเรเตอร์เท่ากับ 308.56 kPaโดยการควบคุมลิ้น ซึ่งจะยอมให้ไอผ่านออกไปได้ในอัตราที่จะทำให้ความดัน ภายในอีแวปปอเรเตอร์คงที่



รูปที่ 2.5 สารความเย็น R-12 เหลวกลายเป็นไอในความกดดันของบรรยากาศ ดูดความร้อนบริเวณรอบ ๆ ต่ำลงถึง 5°C และ ออกทางรูระบาย

ถ้าปิดลิ้นควบคุมความดันจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นอุณหภูมิอิ่มตัวของของเหลวในภาชนะเล็กจะเท่ากับอุณหภูมิของที่ว่างในภาชนะใหญ่ คือ 5°C

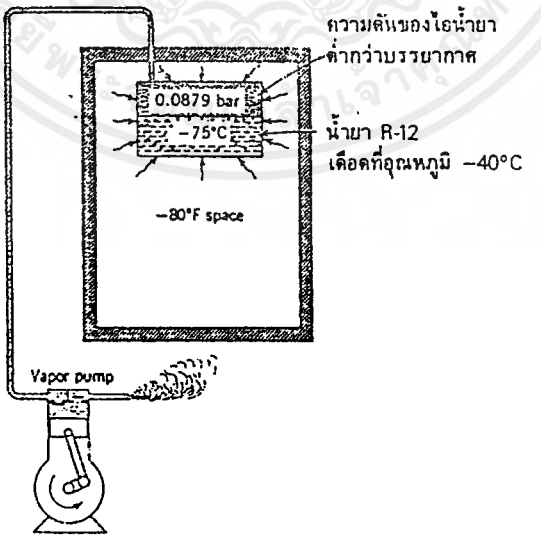
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 อุณหภูมิการเดือดของสารความเย็นเหลวในอีแวปปอเรเตอร์ โดยการควบคุมความดันเหนือ ของเหลวด้วย Throttling valve ตรงทางออก

2.5.1.3 การกลายเป็นไอภายใต้ความกดดันของบรรยากาศ

ตามรูปที่ 2.7 ไอของ R-12 จะถูกปั๊มดูดจากภาชนะเล็กและอัดตัวก่อนจะปล่อยออกสู่บรรยากาศอุณหภูมิของไอฟรีออน 12 (R-12) ที่ปั๊มดูดสามารถที่จะควบคุมให้อยู่ที่ความดันใดความดันหนึ่งที่ต่ำกว่าบรรยากาศ เพื่อให้อัตราการกลายเป็นไอเหมาะสมกับสมรรถนะของปั๊มในการอัดไอ และปล่อยสู่บรรยากาศ



รูปที่ 2.7 ความดันของสารความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์ลดลงต่ำกว่าความดันบรรยากาศโดยใช้ปั๊มดูด

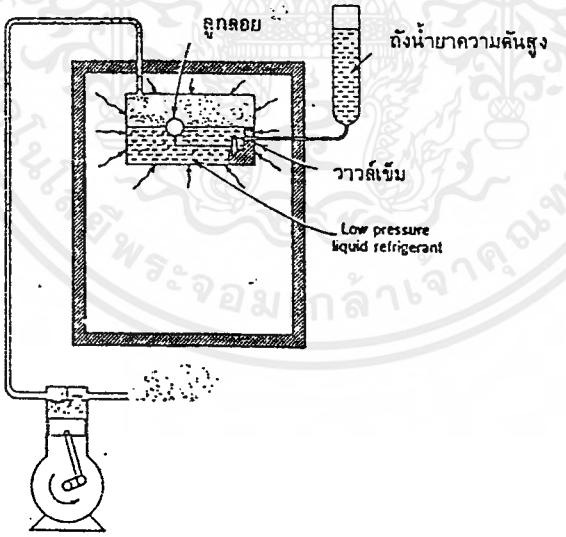
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.1.4 การรักษามวลของสารความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์ให้คงที่

ในกรณีที่ได้กล่าวมาแล้วสารความเย็นที่กลายเป็นไอและปล่อยออกสู่ภายนอกแต่ไม่มีการเดินสารความเย็นลงไปเพื่อให้การเป็นไอเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง

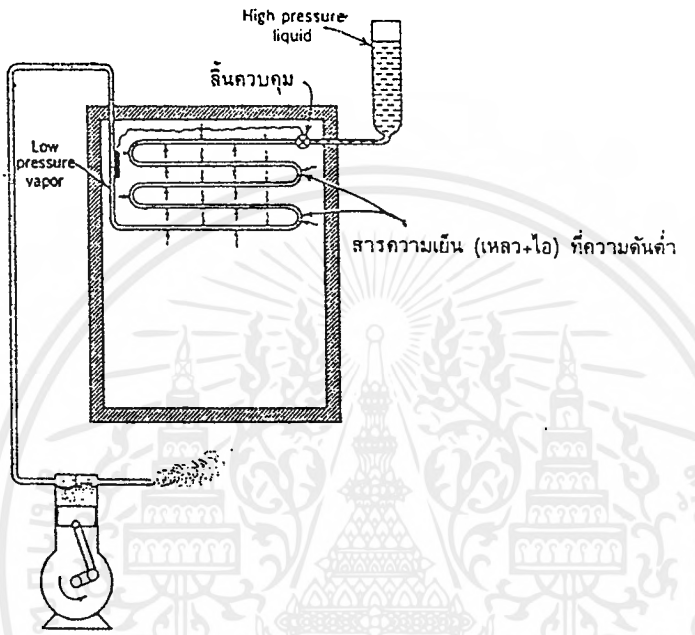
ตามรูปที่ 2.8 เป็นวิธีหนึ่งที่จะรักษาให้ระดับของสารความเย็นเหลวคงที่โดยการใช้ลูกลอยและ วาล์วเข็ม ดังนั้นอัตราการไหลของสารความเย็นเหลวจะเท่ากับ อัตราของสารความเย็นที่กลายเป็นไอ และ ปั๊มออกไปภายนอกถังบรรจุสารความเย็น มีความดันสูงจะดันสารความเย็นไหลเข้าไปใน อีแวปปอเรเตอร์โดยผ่านทางวาล์วเข็ม

อีแวปปอเรเตอร์ที่แสดงในรูปที่ 2.8 ภาชนะใบเล็กสามารถที่จะเปลี่ยนเป็นท่อขดอยู่ภายในภาชนะใหญ่ดังรูปที่ 2.9 การกลายเป็นไอของสารความเย็นจะเกิดภายในท่อและจะกลายเป็นไอหมดตรงปลายท่อ และไอของสารความเย็นอาจจะกลายเป็นไอร้อนยวดยิ่ง สารความเย็นที่เข้ามาในท่อควบคุมโดยลิ้นควบคุม ซึ่งมี Thermostat เป็นตัวควบคุมอุณหภูมิของสารความเย็นซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการปิดเปิดของลิ้นควบคุม ความดันของสารความเย็นลดลงขณะที่ผ่านวาล์วเข็ม (Needle valve)



รูปที่ 2.8 การควบคุมระดับของสารความเย็นเหลวในอีแวปปอเรเตอร์ด้วยวาล์วลูกลอย (Float valve)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038489

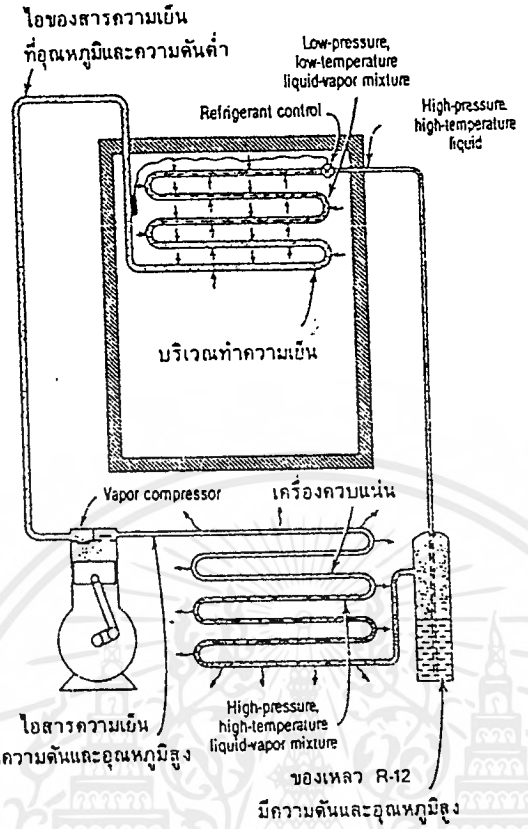


รูปที่ 2.9 ขดท่ออีแวปปอเรเตอร์พร้อมด้วย Thermostatic expansion valve เป็นตัวควบคุมความเย็น

2.5.1.5 การเก็บสารทำความเย็นหลังจากอัดตัวจากเครื่องอัด

มันเป็นการไม่ประหยัดเลย ที่ไอของสารทำความเย็นที่ปั๊มดูดออกมาและปล่อยทิ้งไปกับบรรยากาศภายนอก ทั้งๆที่ไอของสารทำความเย็นควรจะเก็บรักษาและนำกลับมาใช้ใหม่ได้อีก ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเก็บไอของสารทำความเย็นที่ออกมาจากปั๊มโดยผ่านเครื่องมือชนิดหนึ่งที่เรียกว่าเครื่องควบแน่น ซึ่งเครื่องควบแน่นนี้จะทำให้ไอของสารทำความเย็นกลายเป็นของเหลวและนำกลับเข้าไปใช้ในอีแวปปอเรเตอร์ โดยผ่านทางลิ้นควบคุมดังรูป ที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การเก็บและการควบแน่นไอสารความเย็นหลังจากดูดความร้อนในอีแวปปอเรเตอร์และคายความร้อนออกในเครื่องควบแน่น

ก่อนการอัดตัวอุณหภูมินั้น ตัวของสารความเย็นจะกลายเป็นไอ ที่อุณหภูมิ และ ความดันของ อีแวปปอเรเตอร์ซึ่งมีค่าต่ำในระหว่าง การอัดตัวความดันของไอสารความเย็นจะเพิ่มขึ้นถึงจุดซึ่งสัมพันธ์กับอุณหมูมิอิ่มตัว ที่สูงกว่าอุณหภูมิของตัวกลางหล่อเย็น ในเวลาเดียวกันงานกลที่ใช้ในการอัดไอของสารความเย็นให้มีความดันสูงขึ้นพลังงานภายในของไอสารความเย็นที่เพิ่มขึ้นจะเท่ากับอุณหภูมิของไอสารความเย็นที่เพิ่มขึ้น

ภายหลังการอัดตัวไอของสารความเย็นที่มีความดันและอุณหภูมิสูงจะเข้าไปในเครื่องควบแน่น ความร้อนจะคายออกให้กับตัวกลางหล่อเย็น โดยปกติจะเป็น อากาศ หรือ น้ำ ไอของสารความเย็นจะควบแน่นเป็นของเหลว ที่อุณหภูมิอิ่มตัวภายใต้ความดันในเครื่องควบแน่น สารความเย็นที่ควบแน่นเป็นของเหลวจะผ่านเครื่องควบแน่น และไหลเข้าไปในถังเก็บสารความเย็น เพื่อไหลผ่านลิ้นควบคุมเข้าไปในอีแวปปอเรเตอร์ จะเห็นได้ว่าสารความเย็นซึ่งเป็นของไหลทำงานจะเป็นตัวพาความร้อนจากพื้นที่ทำความเย็นซึ่งอยู่ภายนอก ของไหลทำงานจะดูดความร้อนจากพื้นที่ทำความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์และนำไปคายให้กับตัวกลางหล่อเย็นในเครื่องควบแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 วัฏจักรจริงของระบบทำความเย็น (Actual Refrigerating Cycle)

ในทางทฤษฎีนั้นเราไม่ได้คำนึงถึงในการสูญเสีย เช่น ความดันตกต่ำตามความยาวท่อข้อต่อต่างๆ ความสูญเสียที่เกิดขึ้นภายในแผงแลกเปลี่ยนความร้อน ผลที่ต่างไปจากวัฏจักรทำความเย็นในแนวทางอุดมคติ ในวัฏจักรจริงมีหลายสิ่ง เหตุผลเนื่องจากการที่ตั้งสมมติฐานในการวิเคราะห์วัฏจักรทำความเย็นในแนวอุดมคติไม่สามารถทำได้ในทางปฏิบัติ หรือทำได้ยากในทางปฏิบัติของวัฏจักรจริงได้แก่

1.ผลกระทบเนื่องจากสารทำความเย็นมีการเปลี่ยนสภาวะเป็นของเหลวอัดตัว(Subcool liquid)

2.ผลกระทบเนื่องจากสารทำความเย็นเปลี่ยนที่ภาวะเป็นไอดง (Superheat vapor)

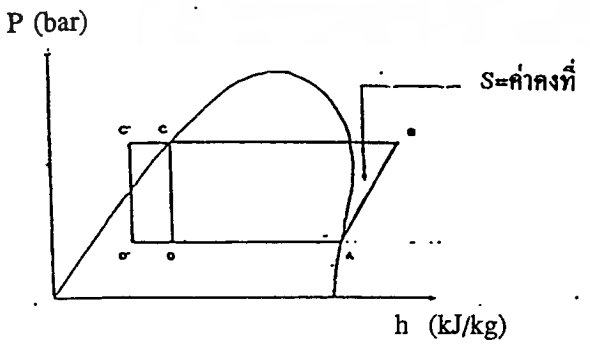
3.ผลกระทบเนื่องจากความดันต่ำ (Pressure drop) ของสรทำความเย็นภายในระบบท่อและข้อต่อต่างๆ และที่ผ่านอีแวปปอเรเตอร์ และ คอนเดนเซอร์

4.ผลกระทบจากการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (Compressor) ซึ่งไม่ได้ทำงาน ตามกระบวนการไอเซนทรอปิค (Isentropic process)

นอกจากนี้ยังมีผลกระทบเนื่องจากตัวแปรอื่นๆ อีก เช่น การไหลของสารทำความเย็นเป็นต้น

2.5.2.1 ผลกระทบเนื่องจากสารทำความเย็นเปลี่ยนสภาวะเป็นของเหลวอัดตัว (Subcoolliquid)

เมื่อสารทำความเย็นผ่านคอนเดนเซอร์ (Condenser) อาจเปลี่ยนสภาวะเป็น ของเหลวอิ่มตัว (Saturated liquid)



รูปที่ 2.11 p-h ไดอะแกรมเปรียบเทียบวัฏจักรที่เป็นของเหลวอัดตัวกับวัฏจักรในอุดมคติ

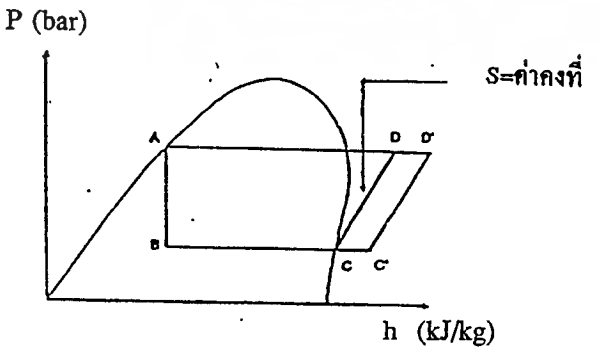
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารทำความเย็นที่มีสภาวะเป็นของเหลวจะระบายความร้อนออกจากตัวมันเองแต่ความดันยังคงอยู่ทำให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสภาวะเป็นของเหลวอัดตัวจาก p-h ไดอะแกรมจะเห็นได้ว่าวัฏจักรที่สารทำความเย็นมีการเปลี่ยนสภาวะไปเป็นของเหลวตัวจะมีค่ารีฟิกเจอเรติ้งคาปาซิตี้มากกว่าวัฏจักรในอุดมคติและจากเพิ่มค่าของรีฟิกเจอร์ติ้งเอฟเฟกมีผลทำให้สามารถเพิ่มปริมาณหรืออัตราการไหลของสารทำความเย็นได้ จึงเป็นการช่วยลดภาวะของคอมเพรสเซอร์ และเมื่อพิจารณา p-h ไดอะแกรมต่อไปจะพบว่าในขณะที่สารทำความเย็นออกจากอีแวปปอเรเตอร์ ยังคงมีสภาวะเป็นไออิ่มตัวเช่นเดียวกับวัฏจักรในอุดมคติซึ่งแสดงว่าไม่มีการเพิ่มภาระให้กับคอมเพรสเซอร์ ผลที่ตามมาจะทำให้ค่าประสิทธิภาพการทำความเย็น มีค่าเพิ่มขึ้น

2.5.2.2 ผลกระทบเนื่องจากสารทำความเย็น เปลี่ยนสภาวะเป็นไอดง (Super Heat)

จากวัฏจักรอุดมคติ ที่ท่อดูดสารทำความเย็นจะ ให้สารทำความเย็นมีสภาวะ เป็นไออิ่มตัว(Saturated vapor) ที่อุณหภูมิอิ่มตัว และความอิ่มตัว แต่ในวัฏจักรจริง หลังจากที่สารทำความเย็นออกจากอีแวปปอเรเตอร์ ได้มีสถานะเป็นไออิ่มตัวและอุณหภูมิต่ำ สารทำความเย็นจะดูดความร้อน และเปลี่ยนสถานะเป็นไอดงก่อนเข้าคอมเพรสเซอร์ จาก p-hไดอะแกรม

เนื่องจากการตกต่ำของความดันเกิดขึ้นไม่มากจึงพอประมาณให้ความดันช่วงที่สารทำความเย็นเปลี่ยนสภาวะจากไออิ่มตัวไปเป็นไอนั้นคงที่ อีกประการหนึ่งถึงความดันจะเพิ่มขึ้น แต่เนื่องจากดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ ก็จะทำให้ความดันลดลงจนถึงความดันอิ่มตัว ดังนั้นการที่ให้สารทำความเย็นเปลี่ยนสภาวะเป็นไอดง ภายใต้ความดันคงที่นั้นค่อนข้างจะใช้ได้



รูปที่ 2.12 p-h ไดอะแกรมเปรียบเทียบวัฏจักรไอดงกับวัฏจักรเบื้องต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบมีดังนี้

1. จาก p-h ไดอะแกรม (h_D-h_C)>($h_{D'}$-h_C) หมายความว่าต้องใส่งานเข้าคอมเพรสเซอร์มากกว่าตอนดูดสารทำความเย็น

2. ที่อุณหภูมิของการกลายเป็นไอของสารทำความเย็นเดียวกันอุณหภูมิของสารทำความเย็นที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ ในวัฏจักรจริงสูงกว่าซึ่งมีผลต่อวัตถุและการสึกหรอของอุปกรณ์ในระบบทำความเย็น

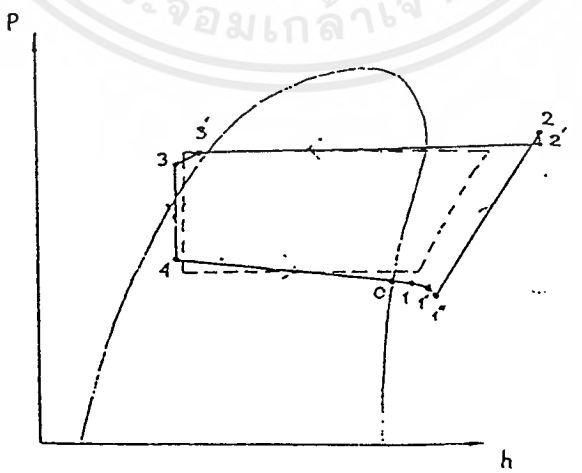
3. ปริมาณความร้อน ที่ต้องระบายออกจากระบบมากกว่าวัฏจักรอุดมคติ และพลังงานที่ใส่เข้ามาในคอมเพรสเซอร์ เพิ่มขึ้นการที่ต้องดึงความร้อนออกจากระบบให้สูงต้องอาศัยระบบที่ระบายความร้อนได้ดีทำให้มีคอมเพรสเซอร์ ขนาดใหญ่และใช้สารหล่อเย็นปริมาณสูง

4. จาก p-h ไดอะแกรมที่สมมติให้ความดันจากตอนที่เปลี่ยนเป็นไอคงเป็นแบบความดันคงที่ค่าปริมาณจำเพาะของสารทำความเย็นจะเปลี่ยนไป นั่นคือ ค่าปริมาตรจำเพาะของสารทำความเย็นที่สภาวะไออิ่มตัว ที่ความดันเดียวกันให้ต้องใส่พลังงานให้กับคอมเพรสเซอร์ ที่ใช้ในการอัดไอเพิ่มขึ้นซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน

5. นอกจาก 4 ข้อที่กล่าวมา ผลกระทบที่สำคัญคือ จะลดลงประสิทธิภาพการทำความเย็น

2.5.2.3 ผลกระทบเนื่องจากความดันสูญเสียที่เกิดจากการไหลของสารทำความเย็น

ผลจากความฝืด (Friction) ทั้งภายในตัวของไหล (Refrigeration) และภายนอก (ที่ผิวของสารทำความเย็นบริเวณที่สัมผัสกับท่อ) จากประสบการณ์ สารทำความเย็นจะมีการเกิดความดัน



รูป ที่2.13 p-h ไดอะแกรม ที่แสดงความดันตกต่ำในวัฏจักรทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูญเสียในขณะที่ไหลผ่านอุปกรณ์ท่อ, ข้อต่อต่างๆ อีแวปปอเรเตอร์ , คอนเดนเซอร์และขณะที่สารทำความเย็นถูกอัดภายในคอมเพรสเซอร์ เมื่อพิจารณา p-h ไดอะแกรมของวัฏจักรจริงที่ได้คำนึงถึงความดันสูญเสีย ที่เกิดจากความฝืดเพียงอย่างโดยจะไม่รวมถึงผลอันเกิดจาก การที่สารทำความเย็นเปลี่ยนสภาวะเป็นไอดง หรือของเหลวอัดตัวแผนภูมิที่ได้จะมีลักษณะคล้ายกับวัฏจักรเบื้องต้น

จาก 4-0 แสดงถึงการกลายเป็นไออิ่มตัวของสารทำความเย็น เมื่อมีการถ่ายเทความร้อนผ่านเข้ามายัง อีแวปปอเรเตอร์ความดันตกต่ำของขดท่ออีแวปปอเรเตอร์

จาก 0-1 เป็นความดันตกต่ำ ขณะที่สารทำความเย็นไหลผ่านมายังเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat exchanger) เพื่อถ่ายเทความร้อนจาก 3' -3 ทำให้สารทำความเย็นซึ่งอยู่ในสภาวะไออิ่มตัว 0 กลายเป็นไอดง 1 (Superheat vapor)

จาก 1-1' เป็นความดันที่ตกในท่อดูดซึ่งมีอยู่ระหว่างอีแวปปอเรเตอร์และ คอมเพรสเซอร์ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลเสีย คือ เมื่อความดันตกต่ำมากๆ (เนื่องจากมีท่อดูดที่ยาวมาก) ปริมาตรจำเพาะของสารทำความเย็นจะมากขึ้นด้วยนั้นก็หมายความว่าสารทำความเย็นมีมวลต่อปริมาตรน้อยลงเมื่อต้องให้ระบบสามารถทำความเย็นได้คงเดิมจึงจำเป็นต้องใช้คอมเพรสเซอร์ ใหญ่ขึ้นหรือคอมเพรสเซอร์ เดิมทำงานรอบจัดข้น อีกทั้งต้องการกำลังอัดเพิ่มขึ้นอีกด้วย ดังนั้นจึงควรให้มีความกดดันตกต่ำเกิดขึ้นน้อยที่สุด

จาก1'-1" แสดงถึงความกดดันตกต่ำ ขณะที่สารทำความเย็นไหลผ่านวาล์วทางท่อดูดของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งทำให้เกิดผลเช่นเดียวกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

จาก 1"-2 เป็นการอัดสารทำความเย็นด้วยคอมเพรสเซอร์ ผ่านวาล์วทางท่อปล่อย ซึ่งความดันจะสูงกว่าความกดดันขอการกลั่นตัวเล็กน้อยทั้งนี้เพื่อเอาชนะแรงสปริงของวาล์วทางท่อปล่อย

จาก 2 - 2' เป็นความกดดันตกต่ำเมื่อสารทำความเย็นไหลผ่านวาล์วทางท่อทางปล่อยเข้าสู่วาล์วทางท่อปล่อย (Discharge line) ไปยังคอมเพรสเซอร์ จาก 2'-3' เป็นความกดดันตกต่ำภายในคอนเดนเซอร์ ขณะที่มีการถ่ายเทความร้อนออกสู่นอกระบบทำความเย็น

จาก 3'- 3 อาจเป็นไปได้ที่เกิดความดันตกต่ำขึ้นใน ถังพักน้ำยาเหลว (Receiver tank) หรือในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งมีการถ่ายเทความร้อนจนสารทำความเย็นอยู่ในสภาวะของเหลวอิ่มตัว (Subcool liquid) แล้วความกดดันตกต่ำนี้จะทำให้ของเหลวอิ่มตัว ส่วนหนึ่งกลายเป็นไอทันที ดังจุดที่ 3 ใน p-h ไดอะแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 แบ่งส่วนการการทำงานของระบบทำความเย็น

ภายในระบบเครื่องทำความเย็น สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน คือ ด้านความดันสูงของระบบ และด้านความดันต่ำของระบบ

1 ด้านความดันสูง (High side) ประกอบด้วยทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อดิสชาร์จ (Discharge line), และทางเข้าของลิ้นลดความดัน (Expansion valve)

2 ด้านความดันต่ำ(Low side)ประกอบด้วยทางออกของลิ้นลดความดัน(Expansion valve), อีแวปปอเรเตอร์ , ท่อซัคชั่น (Suction line) และท่อดูดของคอมเพรสเซอร์ ความดันของน้ำยาด้านความดันต่ำนี้ บางครั้งเรียกว่าความดันทาง อีแวปปอเรเตอร์

จะเห็นได้ว่า คอมเพรสเซอร์ และลิ้นลดความดัน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งความดันของระบบเครื่องทำความเย็นออกเป็น 2 ส่วน ดังกล่าว

2.5.4 ระบบทำความเย็นของเครื่องเย็นแบบอัด

ระบบการทำความเย็นแบบอัดที่จะกล่าวต่อไปนี้ เป็นระบบที่แพร่หลาย และใช้กันมากในทุกวันนี้โดยจะแบ่งส่วนประกอบที่สำคัญของระบบการทำความเย็นออกเป็น 2 ระบบคือ

1.ระบบวงจรสารทำความเย็น

2.ระบบวงจรไฟฟ้า

สามารถอธิบายได้ดังนี้

2.5.4.1 ระบบวงจรสารทำความเย็น

ระบบวงจรสารทำความเย็น จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก ๆ ที่สำคัญ ดังนี้

- เครื่องอัดหรือตัวคอมเพรสเซอร์
- เครื่องควบแน่น หรือ ตัวคอนเดนเซอร์
- ตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant control)
- ตัวอีแวปปอเรเตอร์
- ตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรก (Filter drier)
- สารทำความเย็น (Refrigerant)

สามารถอธิบายได้ตามหัวข้อดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.1.1 เครื่องอัดหรือตัวคอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์ถือเป็นหัวใจสำคัญของระบบการทำความเย็น มีหน้าที่หลักในการดูดและอัดสารทำความเย็นโดยดูดสารทำความเย็นที่มีสถานะเป็นแก๊สอุณหภูมิต่ำ ความดันต่ำจากอีแวปปอเรเตอร์เข้ามาอัดให้เป็นแก๊ส ที่มีอุณหภูมิสูง ความดันสูงขึ้น แล้วส่งไปยังคอนเดนเซอร์ ขนาดของคอมเพรสเซอร์ที่ใช้กับตู้เย็น หรือตู้แช่นี้จะมีขนาดตั้งแต่ 1/12 จนถึง 1/3 แรงม้า และสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

1. แบบเปิด (Open type)

2. แบบปิด (Close type)

ในโครงงานนี้เราจะใช้แบบปิด (Close type) จึงยกมาเพียงแบบปิด

แบบปิด (Close type) เป็นแบบที่ตัวคอมเพรสเซอร์ และตัวมอเตอร์รวมอยู่ในเปลือก (Case) โลหะเดียวกัน คอมเพรสเซอร์แบบนี้จึงมีชื่อเรียกว่า มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ (Motor compressor) แบ่งได้อีก 2 ชนิด คือ

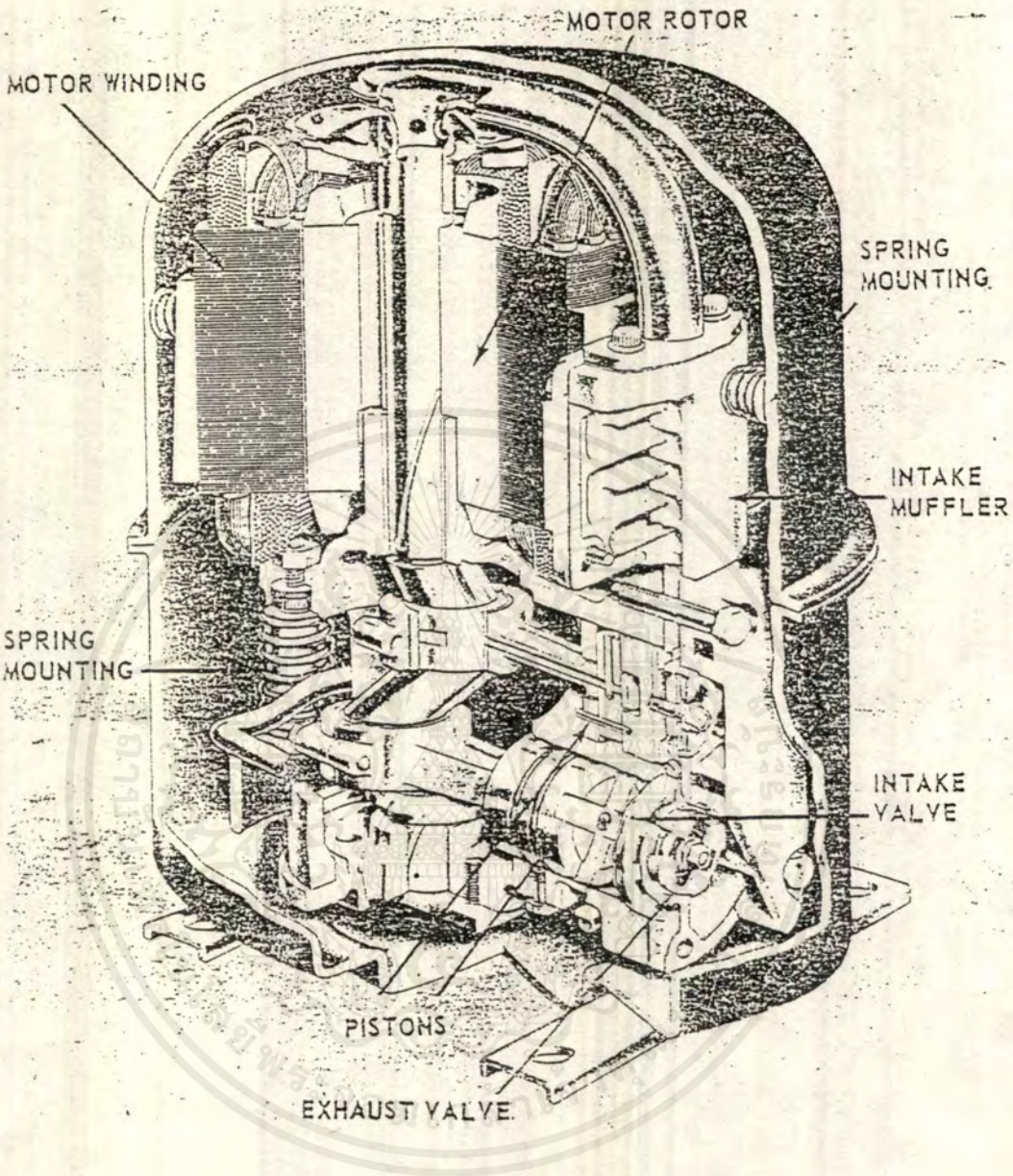
- แบบกึ่งปิดสนิท หรือ แบบเซมิเฮอร์เมติก (Semi hermetic) เป็นคอมเพรสเซอร์ที่มีทั้งมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์อยู่รวมในเปลือกเดียวกันแต่ไม่ได้เชื่อมปิดหมดจะมีน็อตสำหรับยึดโครงสร้างต่าง ๆ บังคับปิดหมดแบบนี้สามารถจะเปิดออกเพื่อซ่อมแซมมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ได้

- แบบปิดสนิท หรือ แบบเฮอร์เมติก (Hermetic compressor) เป็นแบบที่มีมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์อยู่ในตัวเดียวกัน และเชื่อมปิดหมดแต่จะมีท่อโผล่ออกมา 3 ทาง คือ ทางดูด,ทางอัดและท่อเติมสารทำความเย็นและอีกด้านหนึ่งของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ จะมีขั้วหลัก (Terminal) ที่จะต่อสายไฟจากภายนอกเข้าไปในมอเตอร์ 3 ขั้วหลักคือ ขั้วขดสตาร์ท (S) ขั้วขดรัน และขั้วคอมมอน (C) (เป็นชนิดที่ใช้ในโครงงานนี้)

ท่อทางดูด (Suction line) เป็นท่อที่จะดูดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สเข้าไปในคอมเพรสเซอร์ แก๊สที่ดูดเข้าไปนี้จะมีแรงดันต่ำ (Low pressure) และจะถูกคอมเพรสเซอร์ (ลูกสูบ) อัดให้มีแรงดันสูง (High pressure) และส่งออกทางท่ออัด (Discharge line)

ท่อเติมสารทำความเย็น เป็นท่ออีกท่อหนึ่งลักษณะเช่นเดียวกับท่อทางดูด และสามารถใช้แทนกันได้มีไว้สำหรับเติมสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สเข้าไปในระบบ เพื่อให้ลูกสูบอัดออกทางท่อทางอัดท่อทางอัด (Discharge line) เป็นท่อที่เล็กกว่าท่อดูดและท่อเติมสารทำความเย็น ท่อทางอัดนี้จะต่อมาจากห้องลิ้นทางอัดของคอมเพรสเซอร์ ท่อนี้จะรับแรงดันของแก๊สสูงเพื่อส่งต่อไปยังเครื่องควบแน่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 คอมเพรสเซอร์แบบปิด สำหรับระบบเครื่องเย็นและเครื่องปรับอากาศ

2.5.4.1.2 การระบายความร้อนของคอมเพรสเซอร์

ความร้อนของคอมเพรสเซอร์ จะเกิดขึ้นจากความฝืด ระหว่างส่วนที่เคลื่อนที่ และจากการถูกอัดตัวของแก๊ส ความร้อนนี้บางส่วนจะถูกถ่ายทอดไปยังคอมเพรสเซอร์ด้วย ดังนั้นจำเป็นจะต้องกำจัดมันออกไปเสีย เพื่อป้องกันการสูญเสียประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ น้ำมันที่ไหลเวียนอยู่ภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมเพรสเซอร์ นั้นเป็นตัวถ่ายความร้อนที่ดี โดยจะรับเอาความร้อนจากพื้นผิวที่มีความฝืด หมายถึง ส่วนที่ทำให้เกิดความร้อนนั้นไปถ่ายเทให้กับพื้นผิวนอกของระบบ

2.5.4.1.3 เครื่องควบแน่น หรือตัวคอนเดนเซอร์

หน้าที่ของเครื่องควบแน่น คือรับเอาสารความเย็นที่เป็นแก๊สที่มีแรงดันสูง และอุณหภูมิสูงเข้ามาในเครื่องควบแน่น และจะระบายความร้อนโดยถ่ายทอดความร้อนของสารทำความเย็นออกไป สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สนี้ เมื่อถูกดึงหรือระบายความร้อนออกไป สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะกลายสภาพเป็นของเหลวทันที ดังนั้นเครื่องควบแน่น จึงมีหน้าที่ระบายความร้อนออกจากสารทำความเย็นที่เป็นแก๊ส และทำให้แก๊ส เปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

เครื่องควบแน่นโดยทั่วไปจะแบ่งออกได้ 3 ชนิด คือ

- ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled condenser)
- ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled condenser) (ใช้ในโครงงานนี้)
- ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำและอากาศ (Evaporative condenser)

แยกอธิบายได้ดังนี้

- เครื่องควบแน่นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled condenser)

เครื่องควบแน่นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำจะใช้กับระบบเครื่องเย็นที่ใช้ในคอมเพรสเซอร์ตั้งแต่ 1 แรงม้าขึ้นไป ส่วนมากจะใช้กับเครื่องเย็นทางการค้า (เช่นห้องเย็น) และระบบเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ เครื่องควบแน่นแบบนี้สร้างเป็น 2 แบบ

1. แบบท่อบรรจุในถังโลหะ (Shell and tube) เป็นแบบที่มีท่อสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สออกจากคอมเพรสเซอร์จะวิ่งเข้าไปในถังโลหะ และจะมีท่อน้ำเย็นผ่านเข้าไปในถังเพื่อรับความร้อนจากสารทำความเย็น ที่เป็นแก๊สทำให้สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สเปลี่ยนสถานะเป็นของเหลว

2. แบบท่อสอดอยู่ในท่อ (Tube within a tube) เครื่องควบแน่นแบบนี้นิยมใช้มากเพราะสะดวก และง่ายต่อการต่อท่อเข้ากับระบบโดยออกแบบไว้ให้น้ำเย็นวิ่งผ่านเข้าไปในท่อเล็ก ซึ่งสายอยู่ในท่อใหญ่ และภายนอกท่อใหญ่จะมีแก๊สร้อนจากคอมเพรสเซอร์วิ่งเข้าไปล้อมรอบท่อน้ำเย็นที่ผ่านมา ทำให้แก๊สเกิดการกลั่นตัว กลายเป็นของเหลววิ่งออกไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็นต่อไป นอกจากภายในท่อสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจะสัมผัสกับท่อน้ำเย็นแล้วภายนอกของท่อยังสัมผัสกับอากาศของห้อง (Room Air) ซึ่งมีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้การระบายความร้อนดีขึ้น

3. ในโครงงานนี้คอนเด็นเซอร์จะเป็นท่อทองแดงขดอยู่ในถังน้ำ โดยจะมีการระบายความร้อน โดยการปล่อยให้น้ำไหลเข้าไปในถังพรีฮีท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.1.4 ตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant Control)

ตัวควบคุมสารทำความเย็น เป็นตัวควบคุมสารทำความเย็น ให้ฉีดเข้าไปยังอีแวปปอเรเตอร์ โดยการลดแรงดันของสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจากความดันสูง ให้เป็นสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวที่มีความดันต่ำ ในปริมาณของสารทำความเย็นที่จะพอดีกับพื้นที่ระเหย โดยไม่ทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานหนักมากเกินไป ชนิดของตัวควบคุมสารทำความเย็น

ตัวควบคุมสารทำความเย็นเครื่องเย็น แบ่งเป็น 7 ชนิด คือ

1. ชนิดวาล์วขยายตัวปรับด้วยมือ (Hand expansion valve)
2. ชนิดวาล์วขยายตัวอัตโนมัติ (Automatic expansion valve) ใช้ตัวย่อ AEV.
3. ชนิดวาล์วขยายตัวเทอร์โมสแตติด (Thermostatic expansion valve) ใช้ตัวย่อ TEV.
4. ชนิดใช้ท่อรูเข็ม (Capillary tube) หรือเรียกกันโดยทั่วไปว่าแคปทิ้ว (Cap Tube)
5. ชนิดใช้ลูกลอยทางด้านต่ำ (Low pressure side floatt) ใช้ตัวย่อย LSF
6. ชนิดใช้ลูกลอยทางด้านสูง (High pressure side float) ใช้ตัวย่อ HSF
7. ชนิดควบคุมด้วยไฟฟ้า ผ่านตัวด้านทางอุณหภูมิ (Thermister)

เนื่องจากในโครงงานนี้ได้ใช้ แคปทิ้ว ในการควบคุมสารทำความเย็นในระบบ จึงขออธิบายถึงตัวควบคุมสารทำความเย็น ชนิดนี้เพียงชนิดเดียวเท่านั้น

ตัวควบคุมสารทำความเย็นทั้ง 7 ชนิดนี้ ถึงแม้ว่าจะมีการสร้างที่ผิดแผกแตกต่างกันแต่มีหลักการทำงานเบื้องต้น คล้ายกันคือ

1. ควบคุมปริมาณสารทำความเย็น เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน
2. ควบคุมปริมาณสารทำความเย็น เมื่อความดันเปลี่ยน
3. ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นให้สม่ำเสมอ เมื่อมีโหลดเพิ่มขึ้นหรือลดลง
4. ควบคุมปริมาณสารทำความเย็น ให้ความแตกต่างระหว่างความดันทางด้านสูง และ ต่ำ ให้เหมาะสมกับโหลดต่าง ๆ

- เครื่องทำความเย็นชนิดใช้ท่อรูเข็ม

เครื่องทำความเย็นชนิดใช้ท่อรูเข็มนั้น โดยมากช่างทั่ว ๆ ไปมักจะเรียกว่า แคปทิ้ว เป็นท่อที่ทำด้วยทองแดงรูเล็ก ๆ และมีความยาวคงที่จำนวนหนึ่ง แคปทิ้ว เป็นตัวควบคุมสารทำความเย็นที่นิยมใช้สำหรับควบคุมปริมาณและความดัน ของสารทำความเย็นที่จะฉีด เข้าไปในอีแวปปอเรเตอร์ เนื่องจากแคปทิ้วมีรูขนาดเล็กจึงทำให้เกิดการเสียดทานขึ้นขณะสารทำความเย็นที่เป็นของเหลวไหลผ่าน แคปทิ้ว ทำให้จำกัดความร้อนของสารทำความเย็นหรือลดแรงดันของสารทำความเย็นที่จะเข้าอีแวปปอเรเตอร์ และควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะไหลเข้า อีแวปปอเรเตอร์ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมเพรสเซอร์ แต่ละเครื่องใช้ขนาดและความยาว แคปทิ้ว ไม่เท่ากัน ทั้งนี้ เพราะบริษัท ผู้สร้างได้ออกแบบสร้างคอมเพรสเซอร์ให้อัดสารทำความเย็นออกมาด้วยความดันสูงไม่เท่ากัน ` โดยมากในคำอธิบายที่ติดมากับคอมเพรสเซอร์จะแนะนำขนาดและความยาวของแคปทิ้ว.ไว้ให้ด้วย คำอธิบายของบริษัทจะเป็นเอกสารที่ดีที่สุดในการเลือกแคปทิ้ว ให้เหมาะกับงานคอมเพรสเซอร์เครื่องหนึ่ง ๆ ใช้ทำความเย็นได้หลายอุณหภูมิถ้าใช้อุณหภูมิต่ำแคปทิ้ว ก็จะต้องให้ยาวหรือใช้รูเล็กกว่าอุณหภูมิสูง

อัตราการไหลของสารทำความเย็นที่ผ่านทางเครื่องควบแน่น จะต้องเท่ากับอัตราการไหลทางอีแวปปอเรเตอร์และทางคอมเพรสเซอร์ด้วย เพราะว่าแคปทิ้ว ต่ออันดับโดยตรงในระบบเครื่องเย็น แต่ถ้าอัตราไหลของสารทำความเย็นที่ผ่านท่อแคปทิ้ว ไม่สัมพันธ์กับคอมเพรสเซอร์จะทำให้ประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ต่ำลง เช่น ถ้าใช้ท่อแคปทิ้วยาวเกินไป หรือรูเล็กเกินไป จะทำให้อัตราการไหลหรือปริมาณสารทำความเย็นที่ไหลจากเครื่องควบแน่นไปยังอีแวปปอเรเตอร์น้อยกว่าเท่าที่ควร จะทำให้อุณหภูมิของเครื่องควบแน่นสูงขึ้นและความดันทางด้านอัดของคอมเพรสเซอร์(Discharge pressure) สูง คอมเพรสเซอร์จะร้อน แต่ถ้าใช้แคปทิ้ว สั้นเกินไปหรือรูใหญ่เกินไป อัตราการไหลภายในท่อแคปทิ้วจะเพิ่มขึ้น และจะทำให้สารทำความเย็นไหลท่วมอีแวปปอเรเตอร์ หรือทางท่อทางดูดและเป็นผลให้สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวไหลเข้าคอมเพรสเซอร์ และเป็นอันตรายต่อลิ้นคอมเพรสเซอร์ได้ และอีกทางหนึ่ง อาจจะทำให้สารทำความเย็นในเครื่องควบแน่นเปลี่ยนเป็นของเหลวไม่ทัน ทำให้อีแวปปอเรเตอร์มีแก๊สและของเหลวฉีดเข้าไป ทำให้ดูเหมือนสารทำความเย็นน้อย และอีแวปปอเรเตอร์ไม่เย็นเท่าที่ควร

เครื่องทำความเย็นที่ใช้แคปทิ้ว แตกต่างกับแบบอื่น ๆ ก็คือมันจะปล่อยให้สารทำความเย็นไหลตลอดเวลาทั้งในตอนเดินและตอนหยุด ในตอนเครื่องหยุดเดินแรงดันทางด้านสูงและด้านต่ำจะเท่ากัน (Balance pressure) ดังนั้นในระบบที่ใช้แคปทิ้ว จึงไม่ต้องมีถังพักสารความเย็นเหลว (Receiver tank)

ข้อควรระวังในการซ่อมเครื่องเย็นที่ใช้แคปทิ้ว ก็คือ สารทำความเย็นที่จะเติมจะต้องพอดีไม่มากหรือน้อยเกินไป สารทำความเย็นน้อยไปทำให้อีแวปปอเรเตอร์เย็นไม่ทั่ว เป็นผลให้เครื่องเย็นทำความเย็นได้ไม่ดีเท่าที่ควร สารทำความเย็นมากไป ทำให้สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวระเหยเป็นไปไม่หมด ถ้าสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว ไหลเข้าไปถึงคอมเพรสเซอร์ อาจจะทำให้คอมเพรสเซอร์น๊อคหรือลิ้นคอมเพรสเซอร์แตกได้ เนื่องจากคอมเพรสเซอร์ได้ออกแบบไว้สำหรับอัดแก๊สเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อดีของการใช้แคปทิ้ว ในระบบเครื่องเย็น คือ

1. เป็นแบบที่สร้างง่าย ๆ คือเป็นท่อทองแดงรูเล็กเท่านั้น การต่อและติดตั้งทำได้ง่าย และราคาถูกกว่าตัวควบคุมสารทำความเย็นชนิดอื่น ๆ อีกทั้งไม่มีสิ่งที่เคลื่อนไหว เช่น ลิ้นปิด-เปิดหรือสปริง ดังนั้นจึงเกิดการเสียยาก

2. เนื่องจากแคปทิ้ว จะใช้กับระบบเครื่องทำความเย็นที่ใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบปิดเชื่อมสนิท ดังนั้นในขณะเมื่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์หยุดเดินความดันของสารทำความเย็นทางด้านสูง จะไหลไปทางด้านต่ำโดยไม่ผ่านทางแคป.ทิ้ว เรียกว่า บาลานซ์แรงดัน (Balance pressure) ดังนั้น จึงสามารถใช้มอเตอร์ที่มีแรงเริ่มสตาร์ท (Starting torque) ต่ำได้ และทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ออกตัวได้ง่าย

3. ไม่ต้องเปลืองสารทำความเย็น เพราะในระบบที่ใช้แคป.ทิ้ว สารทำความเย็นที่เติมเข้าไปในระบบจะพอดีกับการทำความเย็น

4. เนื่องจากตอนเครื่องหยุดเดิน แรงดันในระบบทางสูง และทางต่ำจะเท่ากัน ดังนั้นจึงมีสารทำความเย็นเก็บอยู่ในระบบทางสูง และจะทำให้สารทำความเย็นจ่ายสม่ำเสมอ เมื่อเริ่มเดินเครื่องใหม่

5. เมื่อติดตั้งแคป.ทิ้ว แล้วจะไม่ต้องปรับแต่งใดๆ อีกเหมือนกับตัวควบคุมสารทำความเย็นอื่นๆ เป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ที่รู้ไม่จริงไปปรับแต่งให้การทำงานผิดพลาด

ข้อเสียของการใช้แคป.ทิ้ว คือ

1. ปรับปริมาณสารทำความเย็นที่เข้าไปในอีแวปปอเรเตอรื ให้มากน้อยตามความต้องการเมื่อห้องเย็นลงหรือร้อนขึ้นไม่ได้ ต้องควบคุมโดยวิธี เปิด-ปิด เครื่อง

2. ต้องเติมสารทำความเย็นให้พอดี มากไปน้อยไปไม่ได้

3. ขนาดของแคป.ทิ้ว ต้องพอดี ยาวไป,สั้นไป,เล็กไป,ใหญ่ไปไม่ได้

4. ต้องดูดไอน้ำออกให้หมดจริงๆ มิฉะนั้น ไอน้ำจะไปแข็งตัวตรงที่แคป.ทิ้ว ที่ต่อกับ อีแวป-ปอเรเตอร์ เรียกว่าตันความชื้น ในกรณีที่ความชื้นไม่มาก แก้ได้โดยการใส่ที่ดูดความชื้น (Drier)

5. ภายในเครื่องต้องสะอาดจริง ๆ ไม่มีผงหรือเศษโลหะดังนั้น เครื่องที่ใช้แคป.ทิ้วจึงมักจะใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบเชื่อมปิด และมีตะแกรงกรองผง (Straomer) หรือ ฟิลเตอร์ไดรเออร์ (Filter drier)

6. เวลาติดตั้งแคป.ทิ้ว เข้ากับระบบแล้ว จะปรับตั้งไม่ได้ ถ้าท่อแคป.ทิ้วยาวหรือสั้นไปต้องถ่ายเอาสารทำความเย็นทิ้งแล้วทำใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฮีทเอ็กซ์เชนจ์ (Heat Exchange)

คือ การเปลี่ยนอุณหภูมิซึ่งกันและกัน ของสารทำความเย็นที่จะฉีดเข้าอีแวปปอเรเตอร์และแก๊สที่ดูดกลับจากอีแวปปอเรเตอร์ฮีทเอ็กซ์เชนจ์โดยทั่วไปจะเอาท่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว (Liquid line) ก่อนจะเข้าตัวควบคุมสารทำความเย็น แนบติดกับท่อทางดูดซึ่งมีสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สที่เย็นกว่าทำให้สารทำความเย็นที่จะวิ่งเข้าตัวควบคุมสารทำความเย็นตัวลงเป็นผลทำให้สารทำความเย็นที่เป็นแก๊สที่กลั่นตัวไม่หมด (Uncondensing gas) และวิ่งขึ้นไป จะกลั่นตัวจนหมด หรือ สารทำความเย็นที่กลั่นตัวหมดนี้อุณหภูมิจะลดลงเมื่อผ่านอีทเอ็กซเชนจ์สวนแก๊สที่ออกจากอีแวปปอเรเตอร์จะมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย ดูดกลับเข้าคอมเพรสเซอร์

2.5.4.1.5 อีแวปปอเรเตอร์

อีแวปปอเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญอันหนึ่งของระบบทำความเย็น มีหน้าที่รับสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว ซึ่งฉีดเข้ามาจากตัวควบคุมสารทำความเย็นเข้ามาไว้ในอีแวปปอเรเตอร์แล้ว สารทำความเย็นจะระเหย การระเหยของสารทำความเย็นในอีแวปปอเรเตอร์นี้ จะต้องใช้ความร้อน ดังนั้นตัวอีแวปปอเรเตอร์จะส่งความร้อนจากตัวของมันเอง (จากขดท่อของอีแวปปอเรเตอร์) ไปใช้ในการระเหย เมื่อความร้อนจากอีแวปปอเรเตอร์ถูก ดูดไปหมด จะทำให้อีแวปปอเรเตอร์เย็นโดยจะมีหิมะ น้ำแข็ง (Frost line) จับทั้ง อีแวปปอเรเตอร์ นอกจากอีแวปปอเรเตอร์จะเป็นตัวรับสารทำความเย็นไว้เพื่อให้เกิดการระเหยแล้ว อีแวปปอเรเตอร์ ยังมีหน้าที่รับเอาความร้อนจากภาระอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้อีแวปปอเรเตอร์ เช่น อากาศ สิ่งของที่จะแช่เย็น (ในโครงงานนี้ก็คือน้ำ) เมื่ออีแวปปอเรเตอร์ถูกดึงความร้อนไปใช้ในการระเหยของสารทำความเย็นแล้ว ภาระต่าง ๆ ที่อยู่ใกล้อีแวปปอเรเตอร์ ก็จะถูกดูดความร้อนไปด้วยเช่นกันทำให้ภาวะต่าง ๆ เย็นหรือมีอุณหภูมิที่ลดต่ำลง

การแบ่งชนิดของอีแวปปอเรเตอร์ ตามลักษณะการสร้าง

แบ่งออกได้ 4 ชนิด คือ

1. แบบท่อ (Bar pipe) เป็นอีแวปปอเรเตอร์ที่มีท่อกลมกลาง โลหะ อาจเป็นทองแดงหรืออะลูมิเนียม เหมาะสำหรับใช้กับห้องเย็น หรือระบบเครื่องเย็น ต่าง ๆ เช่น ถังน้ำเย็นเป็นต้น บางแบบอาจจะมีโลหะพาดระหว่างท่อ บางแบบไม่มี

2. แบบท่อชนิดมีครีบ (Fined tube) แบบนี้จะมีท่อทองแดง หรืออะลูมิเนียมขดขนานไปมา และจะมีแผ่นโลหะ เช่น อะลูมิเนียม เรียกว่า ครีบ (Fin) พาดยึดติดกับท่อ และจะมีกล่องทำด้วยเหล็กหุ้มด้านข้าง,ล่าง และบนไว้เพื่อปิดเป็นโครง อีแวปปอเรเตอร์แบบนี้เหมาะสำหรับเครื่องปรับอากาศ

3. แบบเพลท (Plate) อีแวปปอเรเตอร์แบบนี้ทำด้วยอะลูมิเนียมอัดอยู่เป็นแผงเหมาะสำหรับแผงอีแวปปอเรเตอร์สำหรับตู้เย็น สามารถจะใส่สิ่งของที่จะแช่ได้ บางที่เรียกว่า ฟรีซเซอร์ (Freezer)

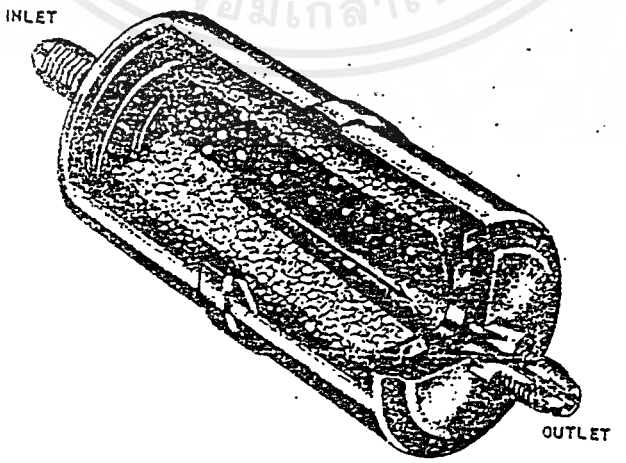
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. แบบชีลเลอร์(Chiller) อีแวปปอเรเตอร์แบบชีลเลอร์นี้ออกแบบสร้างใช้กับเครื่องปรับอากาศขนาดตั้งแต่ 100 ตัน ถึง 2,000 ตัน ซึ่งจะต้องใช้ควบคู่กับระบบเครื่องเย็นแบบชีลเลอร์ ซึ่งอาจใช้คอมเพรสเซอร์แบบปิดสนิท และเครื่องควบแน่นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

อีแวปปอเรเตอร์ ดังได้กล่าวข้างต้นที่นิยมใช้อย่างกว้างขวางในตู้เย็น คือ แบบเพลาและในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็กจะใช้แบบมีครีบ (Fined tube) ส่วนในโครงงานนี้ จะใช้อีแวปปอเรเตอร์แบบท่อ

2.5.4.1.6 ตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรก (Filter drier)

ในระบบเครื่องทำความเย็นโดยทั่วไป จะต้องรักษาให้สารทำความเย็นภายในระบบสะอาดและปราศจากความชื้น เท่าที่สามารถกระทำได้ โดยเฉพาะในการบริการเครื่องเย็นเมื่อต่อ เกจแล้ว การจะป้องกันไม่ให้มีสิ่งสกปรก หรือความชื้นเข้าไปในระบบนั้นเป็นเรื่องยากสักหน่อย วิธีที่จะรักษาระบบให้สะอาด และปราศจากความชื้นนั้น กระทำได้โดยต่อตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรกเข้าไปในระบบ โดยการต่อจากท่อทางออกของเครื่องควบแน่น และท่อสารทำความเย็นที่เป็นของเหลว ตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรกจะประกอบด้วยตะแกรง สำหรับกรองขี้ผงหรือสิ่งสกปรก และมีผงสำหรับดูดความชื้น ผงที่ใช้ส่วนมากจะใช้ซิลิกาเจล (Silica gel) ผงซิลิกาเจล จะมีหน้าที่ดูดความชื้นที่มีอยู่ในสารทำความเย็นไว้ ก่อนจะปล่อยให้สารทำความเย็นผ่านเข้าไปในตัวควบคุมสารทำความเย็น เพราะว่าความชื้นเป็นอุปสรรคสำคัญในการทำความเย็นมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในระบบเครื่องเย็นที่แคปทิ้ว เป็นตัวควบคุมสารทำความเย็น เช่น ตู้เย็น หรือตู้แช่เป็นต้น จะต้องใช้สารทำความเย็นสะอาดปราศจากความชื้น มิฉะนั้น ท่อแคปทิ้ว อาจจะตันและสามารถทำให้ความเย็นไม่ไหลหรือไม่ฉีดเข้าอีแวปปอเรเตอร์ทำให้เครื่องเย็นไม่มีความเย็น



รูปที่ 2.15 แสดงตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรกให้กับเครื่องทำความเย็นทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.1.7 สารทำความเย็น (Refrigerant)

หลักการสำคัญของเครื่องทำความเย็นทุกชนิดคือการถ่ายเทความร้อนออกจากบริเวณที่ต้องการให้เย็นออกไปทิ้งที่อื่น เช่น ดึงความร้อนจากของที่แช่ในตู้ออกไปทิ้งนอกตู้ ดึงความร้อนจากคนและอากาศภายในห้องปรับอากาศออกไปทิ้งนอกห้อง สารที่ใช้ในการถ่ายเทความร้อนนี้เรียกว่า "สารทำความเย็น" หรือเรียกโดยทั่วไปว่า "น้ำยา" ภาษาอังกฤษ เรียกว่า Refrigerant แปลว่า สิ่งที่ทำให้เกิดความเย็น

คุณสมบัติของสารทำความเย็นที่ดี

1. ถ่ายเทความร้อนได้ดีเพื่อจะได้ใช้สารทำความเย็นน้อย แต่ถ่ายเทความร้อนได้มาก ๆ

2. ไม่เป็นพิษเพราะถ้าเกิดการรั่วไหลออกมา จะได้ไม่ เป็นอันตราย ต่อผู้ใช้

3. ไม่ติดไฟ ไม่ระเบิด

4. ไม่กัดโลหะที่ทำเครื่อง และท่อมิฉะนั้นจะทำให้เกิดรอยรั่ว เกิดสนิม ทำให้เครื่องชำรุด เช่นหากออกแบบเครื่องเย็นที่ใช้สารทำความเย็นเป็นแอมโมเนีย จะใช้ส่วนประกอบที่เป็นทองแดงได้

5. เวลารั่วตรวจหารอยรั่วได้ง่ายเช่น ฟรีออนเมื่อถูกกับเปลวไฟ จะทำให้เปลวไฟเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีเขียว

6. ใช้ความดันไม่สูงนัก-เพราะถ้าใช้ความดันสูง จะต้องสร้างเครื่องและต่อท่อให้แข็งแรงขึ้น

7. ไม่เปลี่ยนสภาพ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงความดันและความร้อน

8. ไม่ทำปฏิกริยากับน้ำมันเครื่องเนื่องจากในคอมเพรสเซอร์ มีน้ำมันเครื่องที่ใช้หล่อลื่นลูกสูบ ถ้าสารทำความเย็นไปทำให้น้ำมันเครื่องเสื่อมคุณภาพ หรือเป็นฟอง ลูกสูบจะทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร

9. ราคาไม่แพง

เครื่องเย็นแต่ละชนิดได้สร้างขึ้นสำหรับสารทำความเย็นชนิดใดชนิดหนึ่งโดยเฉพาะ ดังนั้นจึงใช้สารทำความเย็นอย่างอื่นไม่ได้ ที่ป้ายชื่อเครื่องจะบอกชนิดของสารทำความเย็น และปริมาณที่ใช้ เนื่องจากสารทำความเย็นแต่ละเบอร์ต้องการความดัน และขนาดของคอมเพรสเซอร์ไม่เท่ากัน ดังนั้นการใช้สารทำความเย็นผิด จะทำให้ไม่เกิดความเย็นหรือถ้าต้องการจะให้เย็น ก็จะต้องเติมสารทำความเย็นให้มากกว่าที่ควร ทำให้คอมเพรสเซอร์ทำงานหนักเกินกำลัง และทำให้ไหม้ได้ในภายหลัง

เบอร์สารทำความเย็นที่ใช้ในโครงงานนี้ R 12 จะใช้ในตู้เย็น ตู้แช่ และในเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก และใช้กับคอมเพรสเซอร์แบบรีซีปโปรเกทติ้งและโรตารี่ และบางทีก็ใช้กับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมเพรสเซอร์ระบบเซนติฟูกอล R 12 จะถูกบรรจุอยู่ในถังสีเทา มีแรงดันทางต่ำที่ 5°F เท่ากับ 26.5 psia และแรงดันทางสูงที่ 86°F เท่ากับ 108 psia

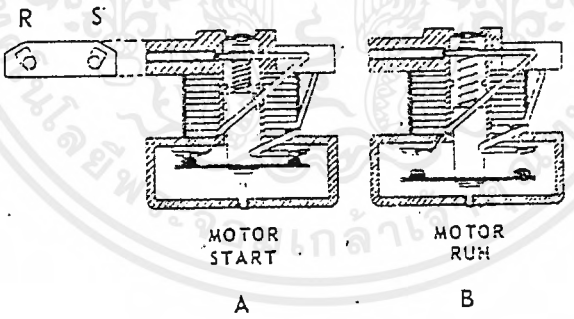
2.5.4.2 ระบบวงจรไฟฟ้า

ระบบวงจรไฟฟ้าของระบบการทำความเย็นที่ใช้ในโครงงานนี้ จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- รีเลย์
- โอเวอร์โหลด
- เทอร์โมสตัท

2.5.4.2.1 รีเลย์ (Relay)

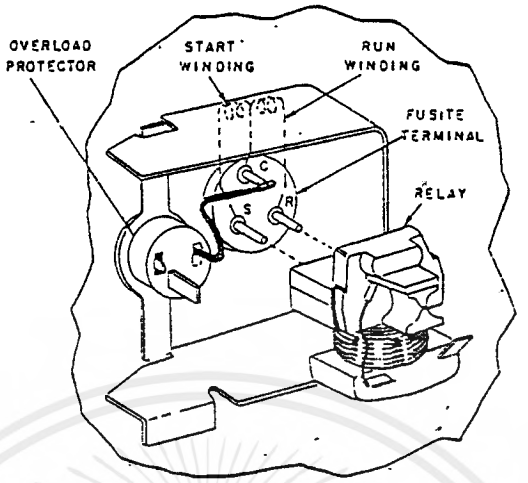
รีเลย์เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่ช่วยต่อกระแสไฟฟ้า เข้าไปยังขดลวด สตาร์ท และตัดกระแสไฟฟ้าให้ผ่านเข้าไปยังขดลวดสตาร์ท เมื่อมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานเป็นปกติแล้ว ในโครงงานนี้จะใช้รีเลย์แบบรีเลย์กระแส (Current relay) โดยรีเลย์แบบนี้อาศัยคุณสมบัติทางไฟฟ้าของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์มาทำให้รีเลย์ทำงาน



รูปที่ 2.16 เคอร์เร้นรีเลย์

รีเลย์ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ แบบปิดสนิท ขนาดตั้งแต่ 1/100 แรงม้าถึง 1/2 แรงม้า และส่วนใหญ่รีเลย์ชนิดนี้ จะทำไว้สำหรับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์เทคัมเซ่ของอเมริกา เพราะมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ชนิดนี้ จะมีขั้ว S อยู่ทางซ้ายมือ ขั้ว C อยู่ด้านบน และขั้ว R อยู่ด้านขวามือ เมื่อเสียบรีเลย์ชนิดนี้แล้วขั้ว S และ R ของรีเลย์ จะเสียบเข้าพอดีดับขั้ว S และขั้ว R ของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

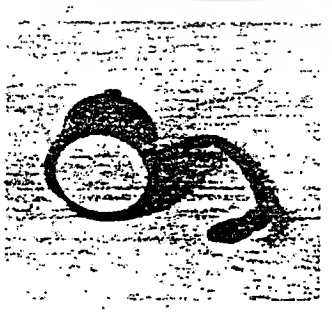
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 เดอร์เร้นรีเลย์ เสียบเข้ากับขั้วของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบเทคัมเซ่

2.5.4.2.2 โอเวอร์โหลด

ตัวโอเวอร์โหลดจะประกอบด้วยแผ่นโลหะ 2 แผ่นติดกัน (Bimetal) และลวดความร้อน (Heater) ซึ่งแผ่นโลหะ จะต่ออันดับกับลวดความร้อน โดยตัวโอเวอร์โหลดจะทำหน้าที่ตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดความร้อนอันเนื่องมาจากกระแสไฟฟ้าในวงจรสูงกว่าปรกติ โอเวอร์โหลดแต่ละตัวจะมีความพอเหมาะในการติดกระแสไฟฟ้ากับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แต่ละขนาดโดยเฉพาะ ฉะนั้นต้องระวังในการเลือกใช้โอเวอร์โหลดให้ได้ขนาดอย่างถูกต้อง

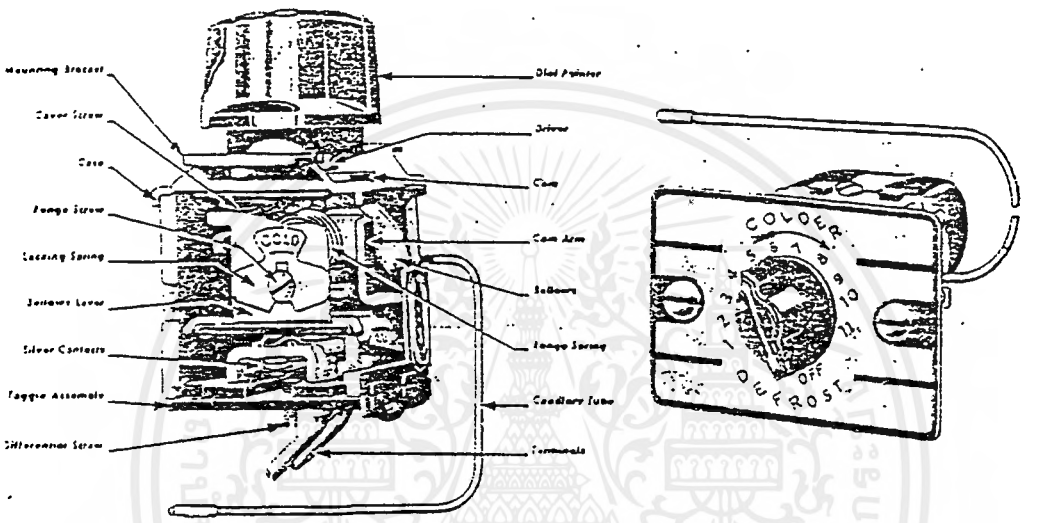


รูปที่ 2.18 โอเวอร์โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.2.3 เทอร์โมสตัท (Thermostat)

ในระบบเครื่องเย็น เทอร์โมสตัทจะมีบทบาทในการควบคุมความเย็น เพื่อที่จะให้ระบบของเครื่องทำความเย็นมีความเย็นมากน้อย (อุณหภูมิสูง-ต่ำ) เพียงใด ปกติแล้วเทอร์โมสตัทจะต่ออันดับกับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ ถ้าต้องการให้ระบบทำความเย็นมีความเย็นมาก ก็หมุนตามเข็มนาฬิกา จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับระบบเครื่องเย็นของบริษัทผู้ผลิตแต่ละบริษัทโดยเฉพาะ



รูปที่ 2.19 เทอร์โมสตัทของเครื่องทำความเย็น

2.5.4.2.4 การติดตั้งเทอร์โมสตัท

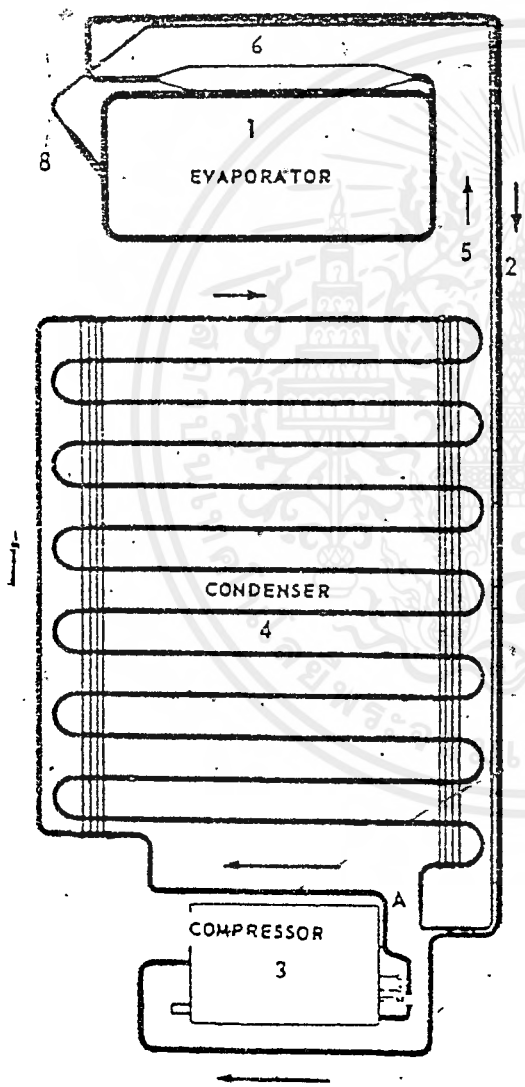
ปกติเทอร์โมสตัทจะมีปลายแคปทิ้ว เพื่อที่จะนำไปวางแนบกับอีแวปปอเรเตอร์ เพื่อให้ปลายแคปทิ้ว สัมผัสกับอุณหภูมิแล้วสารทำความเย็นที่บรรจุอยู่ในแคปทิ้ว จะได้มีแรงดันเพิ่มขึ้นหรือลดลงสำหรับไปควบคุมจุดสัมผัสของเทอร์โมสตัทอีกครั้งหนึ่ง ปัญหาจะเกิดขึ้นถ้าหากปลายของแคปทิ้ว หรือกระเปาะไม่แนบติดกับอีแวปปอเรเตอร์ คือจะทำให้เทอร์โมสตัทตัดช้าลงไป เนื่องจาก อีแวปปอเรเตอร์เย็นถึงจุดที่ตั้งแล้ว แต่ปลายแคปทิ้วไม่แนบกับอีแวปปอเรเตอร์ ทำให้ปลายแคป.ทิ้วไม่เย็นเป็นผลให้เบลโลไม่หดตัว คอมเพรสเซอร์จะเดินนานเกินไป และเกิดปัญหามีน้ำแข็งจับที่อีแวปปอเรเตอร์เร็วขึ้น

2.5.5 หลักการทำงานของระบบการทำความเย็น

ระบบการทำงานตามรูปด้านบนนี้เป็นวัฏจักรการทำงานของเครื่องทำความเย็นที่ใช้ในโครงงานนี้ โดยมีคอมเพรสเซอร์แบบปิดสนิท(Hermertic) ที่รวมทั้งมอเตอร์และคอมเพรสเซอร์ไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเปลือกที่เชื่อมมิดชิด ใช้แคปปิลลารี่ทิ้ว เป็นตัวควบคุมสารทำความเย็น ตัวอีแวปปอเรเตอร์ เป็นแบบท่อ (Bar pipe) ตัวเครื่องควบแน่น จะเป็นการประยุกต์รวมกันระหว่างเครื่องควบแน่นที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ และระบายความร้อนด้วยอากาศ และบริเวณปลายทางออกของเครื่องควบแน่นจะเป็นตัวไดรเออร์ ซึ่งทำหน้าที่กรองขี้ผง และมีสารดูดความชื้น อยู่ภายใน เพื่อดูดความชื้นของสารทำความเย็นในระบบเครื่องเย็น โดยมีวงจรแสดงการทำงานดังในรูป



1. *อีแวปปอเรเตอร์*
2. *ท่อดูด*
3. *คอมเพรสเซอร์*
4. *เครื่องควบแน่น*
5. *แคปทิ้ว (จาก A-B)*
6. *กล่องดักสารเหลว (2 แนบติด 5 เพื่อ Heat-exchange)*

รูปที่ 2.20 แสดงการทำงานของระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.5.1 หลักการทำความเย็นแบบอัด

เริ่มต้นจากคอมเพรสเซอร์จะทำหน้าที่ดูดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สจากอีแวปปอเรเตอร์ (Evaporator) แก๊สที่ดูดเข้ามาจะเป็นแก๊สที่มีแรงดัน (Pressure) ต่ำ และมีอุณหภูมิ (Temperature) ต่ำด้วย แก๊สจะดูดเข้าคอมเพรสเซอร์ทางท่อทางดูด (Suction line) และตัวคอมเพรสเซอร์จะอัดสารทำความเย็นที่เป็นแก๊สนี้ให้มีแรงดันสูงขึ้น และขณะที่แก๊สมีแรงดันสูงขึ้นแก๊สจะมีอุณหภูมิสูงขึ้นด้วย (ตามกฎของชาร์ล) แก๊สจะถูกอัดออกทางท่อทางอัด (Discharge Line) และจะส่งผ่านไปยังตัวเครื่องควบแน่น ถ้าใช้เกจวัดดูทางอัด จะพบว่าแรงดันสูงเรียกแรงดันนี้ว่า แรงดันด้านอัด (Discharge Pressure) เนื่องจากแก๊สที่อัดออกมาทางท่อทางอัดร้อน จึงเรียกแก๊สนี้ว่า แก๊สร้อน (Hot Gas) เมื่อแก๊สร้อนถูกอัดเข้าไปในเครื่องควบแน่นแล้วตัวเครื่องควบแน่นมีหน้าที่รับเอาแก๊สร้อนไว้ และทำหน้าที่ระบายความร้อน หรือดึงเอาความร้อนแฝง(Latent heat) ออกไป โดยมีตัวกลาง (Medium) มีอุณหภูมิต่ำกว่าแก๊สร้อนผ่านมารับเอาความร้อนแฝงจากแก๊สร้อนออกไป (ตัวกลางอาจจะเป็นน้ำหรืออากาศ แล้วแต่ชนิดของเครื่องควบแน่น) เมื่อมีอากาศหรือน้ำผ่านเครื่องควบแน่นแก๊สร้อนจะส่งความร้อนแฝงให้ไป และแก๊สร้อนจะกลั่นตัวเป็นของเหลว (Liquid-Refrigerant) และของเหลวที่กลั่นตัวแล้วนี้ยังคงเป็นของเหลวที่มีแรงดันสูง และอุณหภูมิค่อนข้างสูงอยู่ (สูงกว่าอุณหภูมิรอบตัวหรือเท่ากันแต่ต่ำกว่าแก๊สร้อนที่ออกจากท่อทางอัด) สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวจะผ่านเข้าไปยังตัวควบคุมสารทำความเย็น (Refrigerant control) ซึ่งจะทำหน้าที่ควบคุมปริมาณสารทำความเย็นที่จะฉีดให้เป็นฝอยเข้าไประเหยในอีแวปปอเรเตอร์ และมีหน้าที่ลดแรงดันของสารทำความเย็นที่จะเข้าอีแวปปอเรเตอร์ สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวเมื่อถูกลดแรงดันจะเกิดการระเหยทันทีสารทำความเย็นจะเข้าไประเหยในอีแวปปอเรเตอร์ การระเหยของสารทำความเย็นนี้จะต้องใช้ความร้อนเพื่อช่วยในการระเหย ดังนั้นความร้อนจากท่ออีแวปปอเรเตอร์จะถูกดูดหรือดูดไปเพื่อการระเหยทำให้อีแวปปอเรเตอร์เย็น โดยจะสังเกตุได้ว่าส่วนไหนที่สารทำความเย็นระเหย จะมีละอองหิมะจับอยู่เป็นสีขาว เรียกว่า ฟรอสไลน์ (Frost line) ตัวควบคุมสารทำความเย็นจะควบคุมปริมาณสารทำความเย็นให้เข้าไประเหยหมดในอีแวปปอเรเตอร์พอดี ดังนั้นถ้าหากชาร์จหรือเติมสารทำความเย็นพอดีฟรอสไลน์จะจับออกมานอกอีแวปปอเรเตอร์ประมาณ 6นิ้วจากทางออกของอีแวปปอเรเตอร์จุดที่ฟรอสไลน์วิ่งมาถึงเรียกว่าจุดสูงสุดของการระเหย (Saturation point) ดังนั้นหลังจากจุดสูงสุดแล้วสภาพสารทำความเย็นที่วิ่งในท่อทางดูด จะเป็นแก๊สหมด และแก๊สที่วิ่งลงมาในท่อทางดูดนี้จะเป็นแก๊สที่มีแรงดันต่ำ และมีอุณหภูมิต่ำด้วย ต่อไปแก๊สนี้จะถูกดูดกลับเข้าคอมเพรสเซอร์ทางด้านทางดูด และจะถูกคอมเพรสเซอร์อัดให้มีแรงดัน และอุณหภูมิสูงอีกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบการทำความเย็น ก็จะทำงานวนเวียนเป็นวัฏจักร ตลอดเวลาที่มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ยังทำงานอยู่ และสารทำความเย็นที่มีอยู่ในระบบจะไม่มีการสูญเสียไปไหนเลย นอกเสียจากว่าเกิดการรั่วซึม (Leek) ที่แห่งใดแห่งหนึ่งเท่านั้น

เนื่องจากในระบบเครื่องเย็นเบื้องต้น มีทั้งสารทำความเย็นที่อยู่ในสภาพแรงดันสูง อุณหภูมิสูง แรงดันต่ำ ดังนั้นจึงมีการแบ่งภาคออกเป็น 2 ภาค

1. ทางด้านสูง (High side) ซึ่งจะเริ่มจากการอัดของคอมเพรสเซอร์ ผ่านเครื่องควบแน่นผ่านไปยังท่อน้ำยาเหลว จนถึงทางเข้าของตัวควบคุมสารทำความเย็นส่วนนี้จะมีทั้งแรงดันและอุณหภูมิสูง

2. ทางด้านต่ำ (Low side) ซึ่งจะเริ่มตั้งแต่ทางออกของตัวควบคุมสารทำความเย็น ผ่านอีแวปปอเรเตอร์เข้าทางท่อทางดูด ส่วนนี้จะมีทั้งแรงดันและอุณหภูมิต่ำ

โดยทั่วไปแล้วท่อแคปทิ้วจะเดินแนบติดไปกับท่อทางดูด (Suction line) ซึ่งเรียกว่าเป็นการทำฮีทเอ็กซ์เช้นจ์ เพราะบางวันที่มีอากาศร้อนเครื่องควบแน่นระบายไม่ดี จะทำให้สารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่นเปลี่ยนเป็นของเหลวไม่หมด ยังมีสารทำความเย็นที่ไม่กลั่นตัว (Uncondensing gas) ผ่านเข้าแคปทิ้วด้วย ทำให้สารทำความเย็นที่เป็นของเหลวมีน้อยลง และอีแวปปอเรเตอร์จะเย็นไม่ทั่วแต่เมื่อมีฮีทเอ็กซเช้นแล้ว ท่อทางดูดเย็นกว่า ทำให้แก๊สที่ไม่กลั่นตัว หรือ Uncondensing gas กลายเป็นของเหลวทันทีที่กระทบกับแก๊สที่เย็นกว่าในท่อทางดูด

ข้อระมัดระวัง

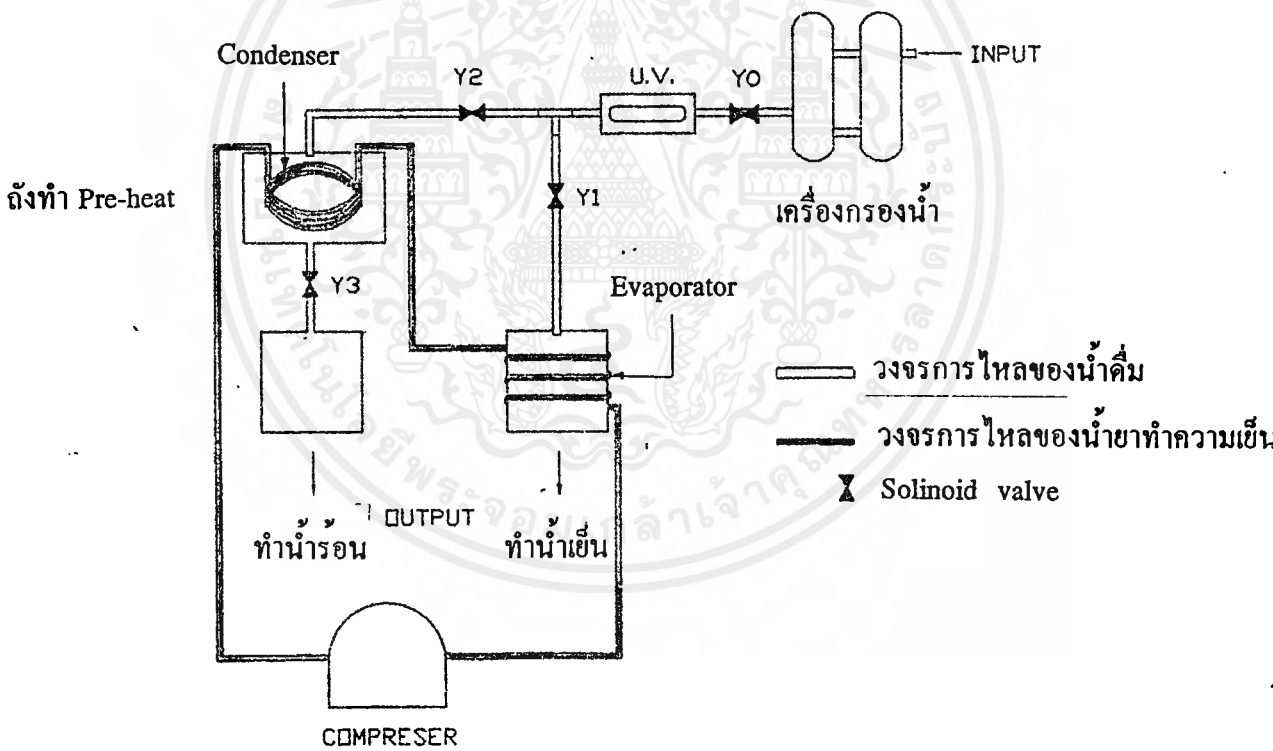
เนื่องจากระบบเครื่องทำความเย็นแบบอัดแบ่งระบบเครื่องเย็นออกเป็นทางสูงและทางต่ำ ฉะนั้นขณะที่เครื่องเดินแรงดันทางด้านอัดจะสูง และทางด้านดูดจะต่ำเมื่อหยุดเครื่องแล้วจะเปิดให้เครื่องทำงานทันทีทันใดไม่ได้ เพราะในระบบยังมีด้านหนึ่งมีแรงดันสูงอีกด้านหนึ่งมีแรงดันต่ำ ถ้าเดินทันทีทันใด มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ไม่สามารถจะสตาร์ทให้เดินได้ ตัวโอเวอร์โหลดจะตัดทันที หรือฟิวส์อาจจะขาดทำให้คอมเพรสเซอร์อายุจะสั้นลง ต้องรอให้แรงดันในระบบเท่ากัน (Balance) เสียก่อน ซึ่งอาจใช้เวลา 5-10 นาที จึงจะต่อไฟเดินใหม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ

3.1 ออกแบบโครงสร้างระบบการทำงานของเครื่องและชุดควบคุมการทำงาน

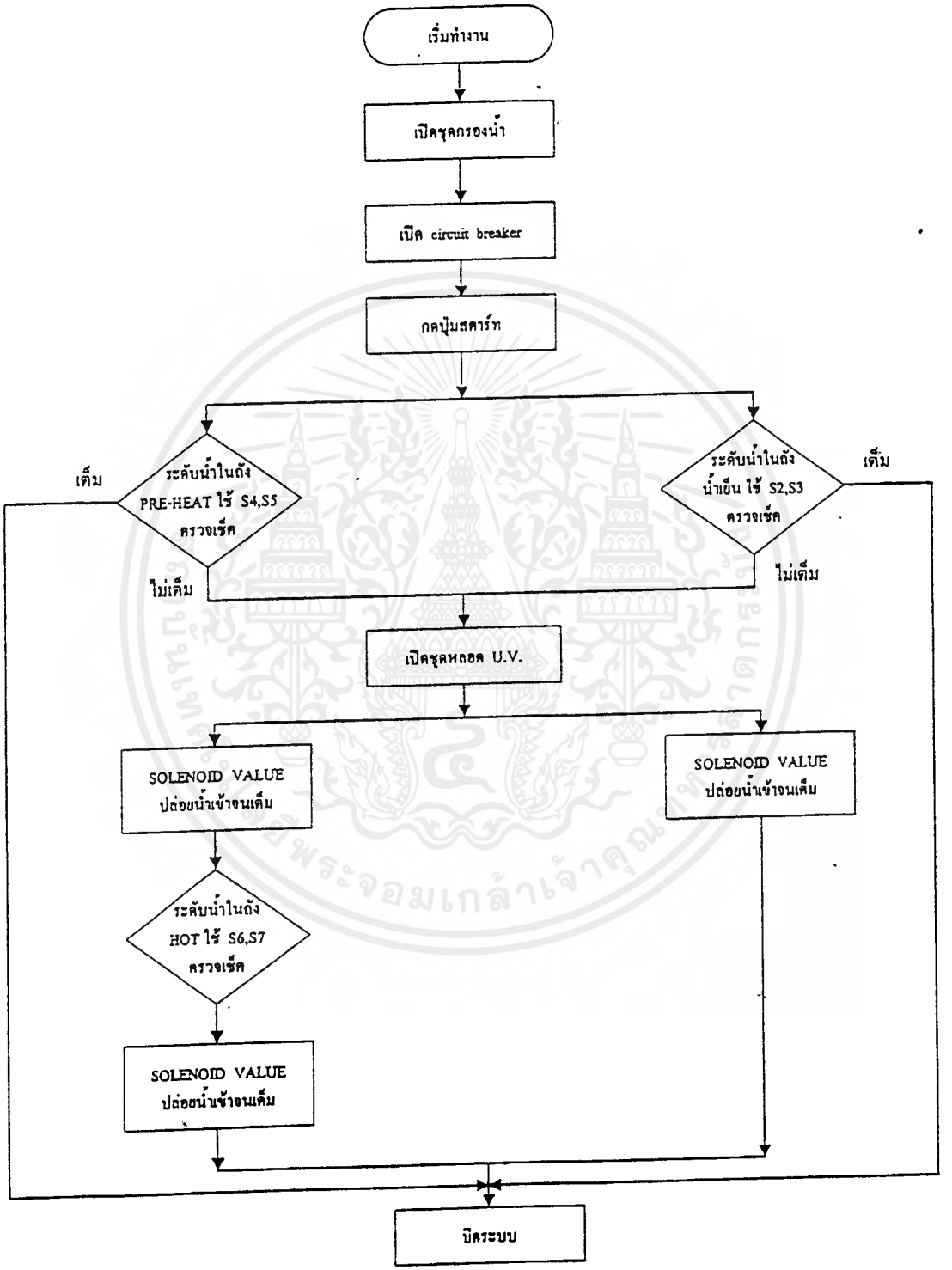
ในระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบสามารถแยกเป็นส่วนสำคัญดังนี้ คือ ชุดกรองน้ำ ชุดฆ่าเชื้อโรคด้วยยูวี ชุดเพิ่มอุณหภูมิน้ำ ชุดลดอุณหภูมิน้ำ ชุดเพิ่มอุณหภูมิน้ำขั้นต้น ซึ่งจะประกอบกันเป็นระบบการทำงานร่วมกัน แสดงดัง รูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างการทำงานของเครื่อง

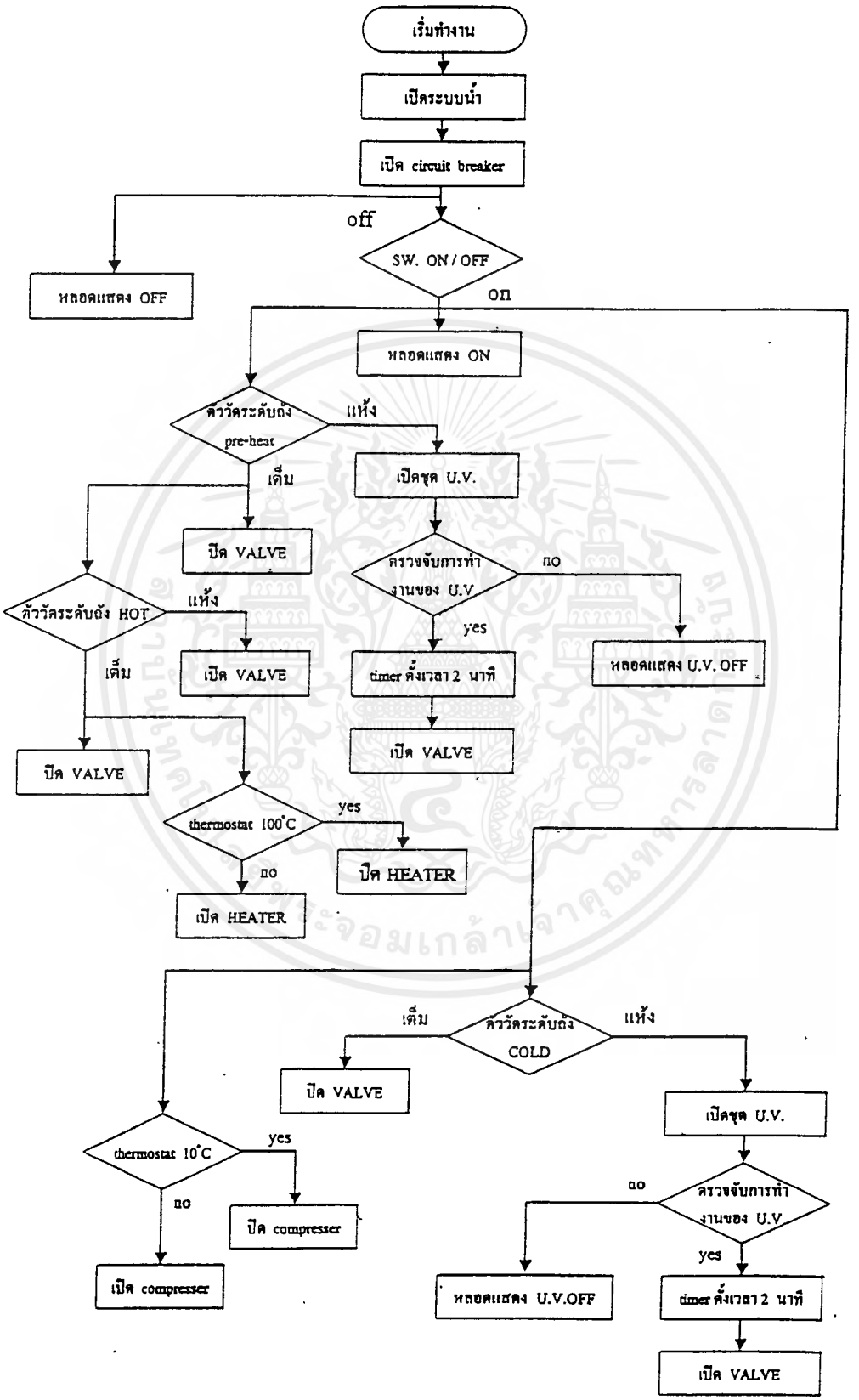
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องผลิตน้ำดื่ม



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนการทำงานของระบบน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วงจรควบคุมการทำงานของเครื่องผลิตน้ำดื่ม

3.1.2.1 วงจรควบคุมระบบการทำงาน

1.ชุดควบคุมระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆที่ประกอบภายในตู้

2.ชุดควบคุมหลอดอุลตร้าไวโอเลต

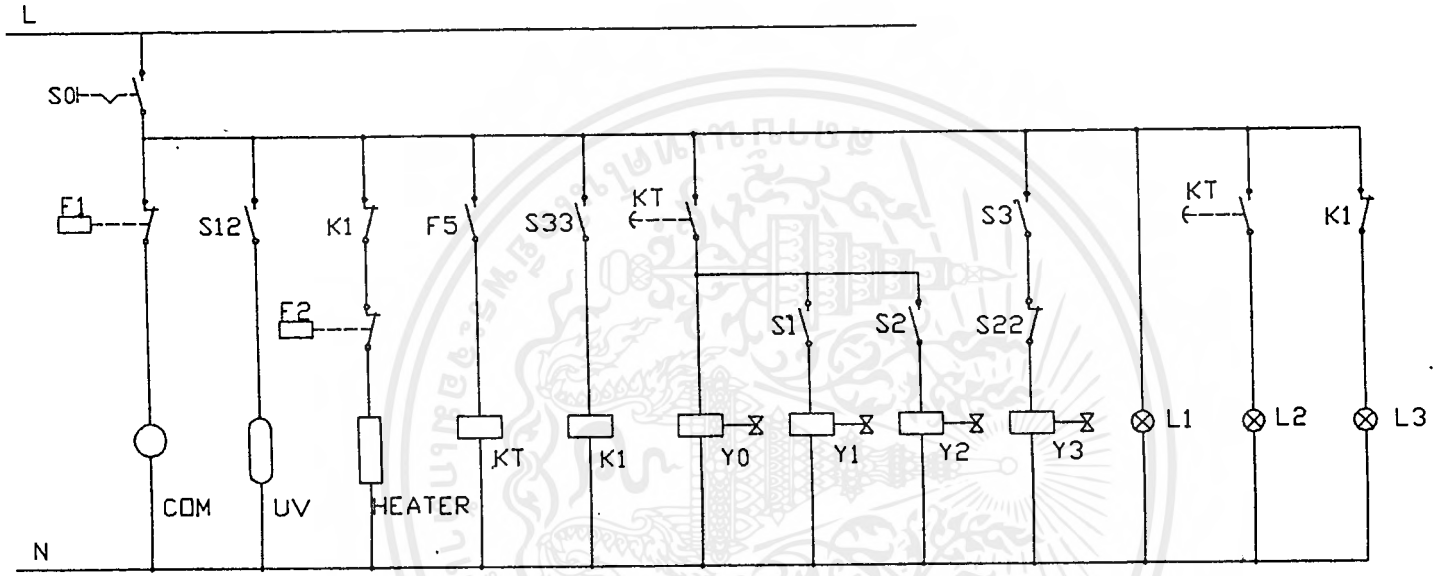
1. ชุดควบคุมระบบการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ภายในตู้

ชุดควบคุมในส่วนนี้จะเป็น ชุดควบคุมด้วยวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นชุดควบคุมขั้นตอนในการทำงานและเงื่อนไขต่างๆของเครื่องผลิตน้ำดื่ม ในการควบคุมนั้นจะใช้อุปกรณ์ประเภท Magnetic relay มาเป็นอุปกรณ์ควบคุมในวงจรไฟฟ้า เป็นส่วนมาก โดยมีวงจรแสดงการทำงาน (Schematic diagram) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.4

หลักการทำงานของวงจรควบคุมระบบการทำงาน

เริ่มต้นด้วยเมื่อเปิดสวิตช์ (So) คอมเพรสเซอร์เริ่มทำงานโดยมีเทอร์โมสตัท (F1) เป็นตัวตัดต่อซึ่งตั้งไว้ที่ 10 °C ในขณะเดียวกันชุดวัดระดับในถังน้ำเย็น และถังพรีฮีททำงานเมื่อน้ำแห้งทำให้รีเลย์ (RS1), (RS2) ทำงานรวมทั้ง (RS12) ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ (RS12)ต่อให้ชุด ยูวี ทำงาน (S1) ,(S2) ต่อให้ (Y1) , (Y2) เมื่อชุดยูวี ทำงานทำให้สวิตช์ทำงานด้วยแสงทำงานรีเลย์ (FS) ทำงานทำให้ (KT) ทำงานทำการตั้งเวลาไว้เพื่ออุ่นหลอดยูวี ประมาณ 2 นาที จากนั้นหน้าสัมผัส (KT) ทำการต่อทำให้ไฟผ่าน (Y0) , (Y1) , (Y2) ทำงานทำการเปิดน้ำเข้าถังน้ำเย็นกับถังพรีฮีท เมื่อถังน้ำ พรีฮีท เต็มทำให้ (RS22)เลิกทำงานทำให้ไฟไหลผ่าน (S3) , (S22) ไปยัง (Y3) ทำให้น้ำผ่านวาวล์ เข้าถังน้ำร้อน เมื่อถังน้ำร้อนเต็ม (RS33) เลิกทำงานทำให้ (K1) หยุดทำงานไฟไหลผ่าน (K1) ผ่านไปยังฮีทเตอร์ ทำให้ทำงานโดยมีเทอร์โมสตัท (F2) ตัดซึ่งตั้งไว้ที่ 90° C เมื่อถังน้ำร้อนหมด (RS3) จะทำงานทำให้ (Y3) ทำงานเติมน้ำจนเต็ม เมื่อถังน้ำเย็นหรือถัง พรีฮีทแห้งทำให้ (RS12)ทำงานทำให้ชุด ยูวี ทำงาน จากนั้นสวิตช์ทำงานด้วยแสงทำงาน ทำให้ (KT)ตั้งเวลาอุ่น ยูวี 2 นาที จากนั้น (KT) ทำการต่อให้ไฟไหลผ่านไปยัง (Y0) และ (Y1) หรือ (Y2) ขึ้นอยู่กับว่าถังน้ำเย็นหรือถังน้ำ พรีฮีท จะแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

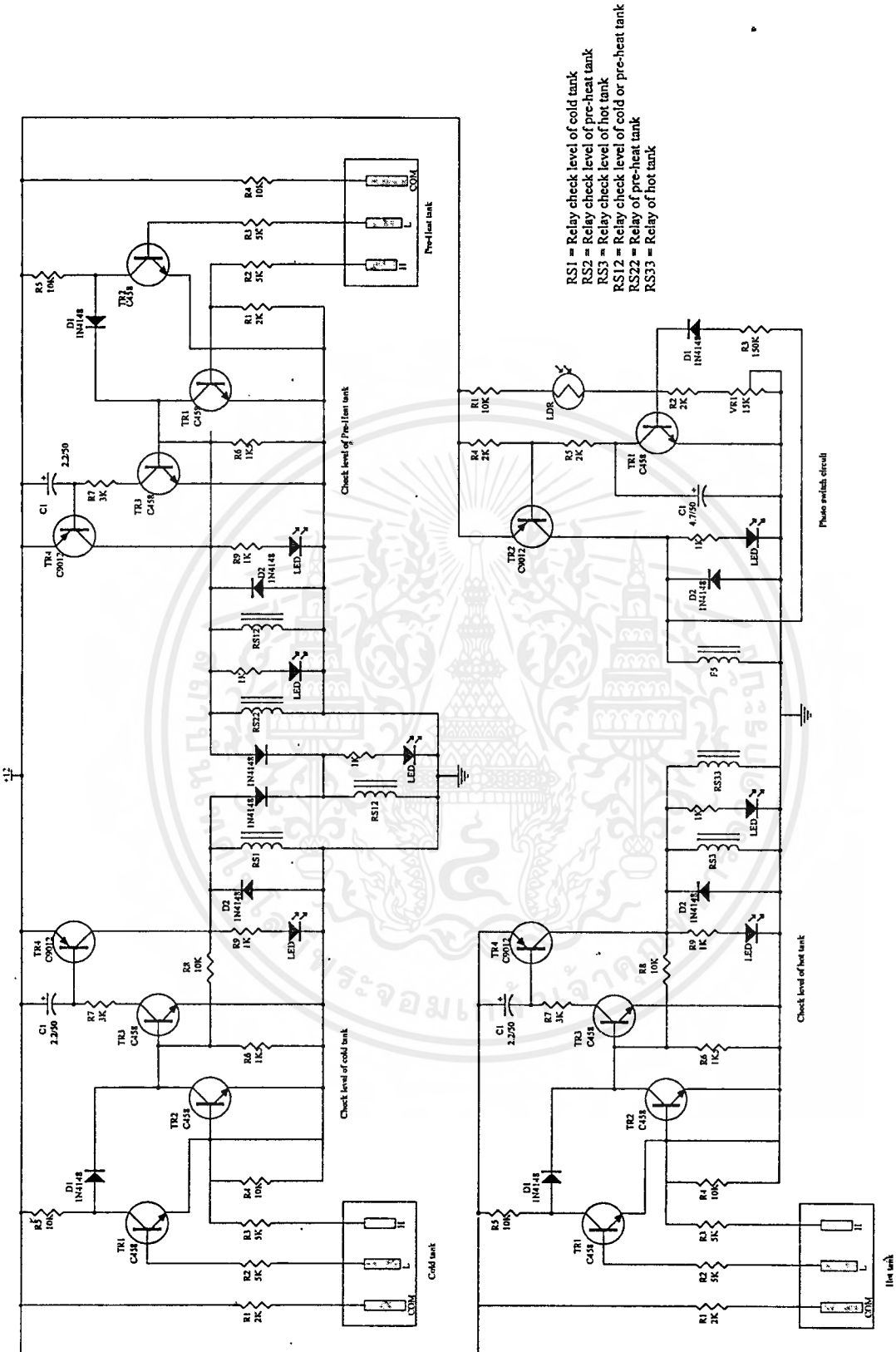


S0 = SWITCH ON-OFF
S1 = SWITCH เช็คระดับถังน้ำ PRE-HEAT
S2 = SWITCH เช็คระดับถังน้ำเย็น
S3 = SWITCH เช็คระดับถังน้ำร้อน
S12 = SWITCH RELAY ถังน้ำ PRE-HEAT หรือถังน้ำเย็นแห้ง
S22 = SWITCH RELAY ถัง PRE-HEAT แห้ง
S33 = SWITCH RELAY ถังน้ำร้อนแห้ง
F5 = SWITCH RELAY ทำงานด้วยแสง

F1 = THERMOSTAT HEATER
F2 = THERMOSTAT ถังน้ำเย็น
K1 = RELAY สำหรับ HEATER
KT = TIMER RELAY
Y0 = SOLINOID VALVE MAIN
Y1 = SOLINOID VALVE PRE-HEAT
Y2 = SOLINOID VALVE เย็น
Y3 = SOLINOID VALVE ร้อน
UV = หลอดรังสีอุลตร้าไวโอเลต

L1 = LAMP POWER ON
L2 = LAMP UV ON
L3 = LAMP HEATER ON

รูปที่ 3.4ก ชุดควบคุมระบบไฟฟ้าของอุปกรณ์ภายในตู้

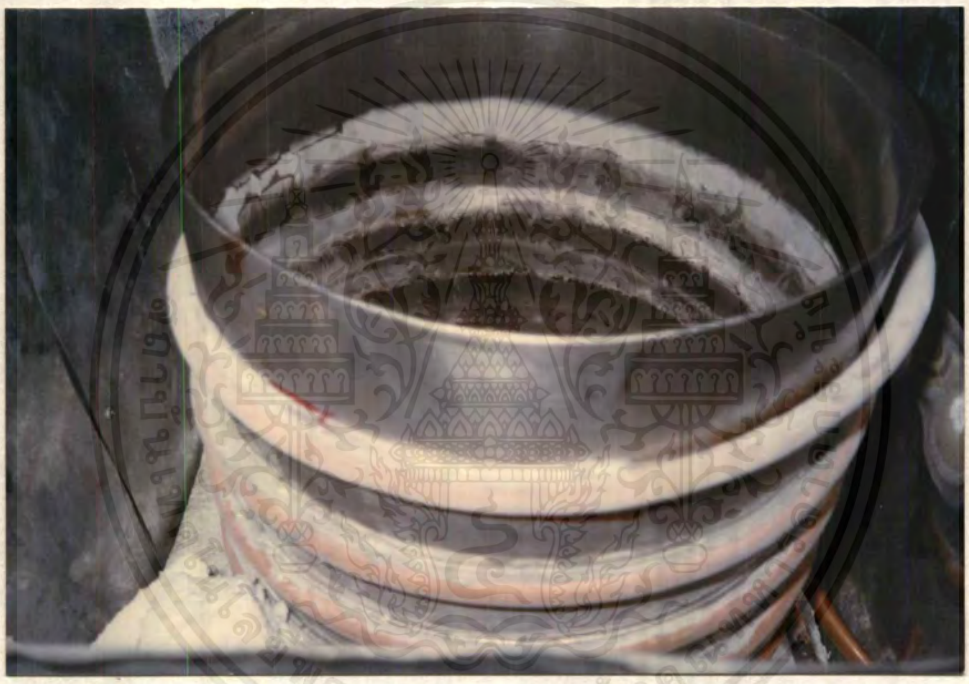


รูปที่ 3.4 ข แสดงวงจรควบคุมระดับน้ำและสวิทช์ทำงานด้วยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 โครงสร้างชุดหม้อทำความเย็น

ตัวถังทำด้วยโลหะสแตนเลส รูปทรงกระบอกกลม ขนาดบรรจุน้ำ 3 ลิตร โดยออกแบบให้น้ำไหลเข้าทางด้านบนตัวถัง และให้มีท่อน้ำออกไปยังก๊อกน้ำ ดื่มอยู่ด้านล่างของตัวถังโดยมีขาอิเล็คโตรดของวงจรเช็คระดับน้ำอยู่ในถังซึ่งออกแบบให้ยึดอยู่ด้านบนของฝาถัง พร้อมทั้งชุดท่อทำความเย็น (Evaporator) พันอยู่บริเวณรอบๆ ด้านนอกของถังซึ่งถังทรงกระบอกกลมจะถูกบรรจุอยู่ในถังรูปทรงสี่เหลี่ยมที่มีสารกันความร้อนบรรจุอยู่

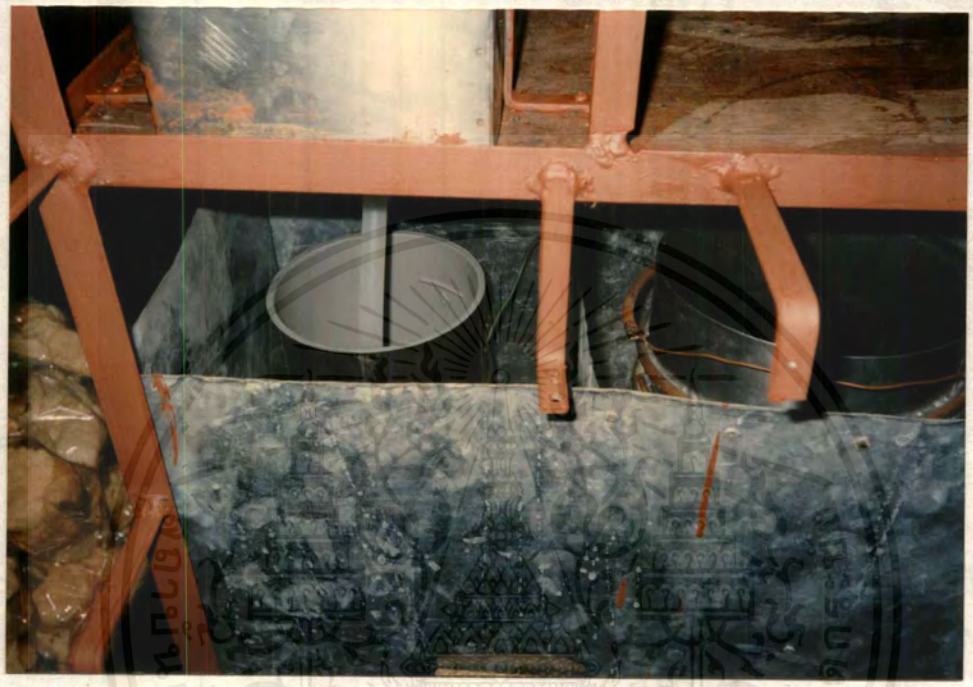


รูปที่ 3.5 แสดงโครงสร้างหม้อน้ำทำความเย็น

3.1.4 โครงสร้างชุดหม้อทำความร้อน

ตัวถังทำด้วยโลหะสแตนเลสรูปทรงกระบอกกลมขนาดบรรจุน้ำ 2 ลิตร โดยออกแบบให้น้ำไหลเข้าทางด้านบนตัวถัง และ ให้มีท่อน้ำออกไปยังก๊อกน้ำดื่มอยู่ด้านล่างของตัวถัง โดยมีขาอิเล็คโตรดของวงจรเช็คระดับน้ำ อยู่ในถังซึ่งออกแบบให้ยึดอยู่ด้านบนของฝาถัง พร้อมทั้งชุดขดลวดความร้อน (Heater) พันอยู่บริเวณส่วนล่างด้านนอกของตัวถังและต้องมีตัวเทอร์โมสตัทเป็นชุดควบคุมปริมาณความร้อนเข้ามาควบคุม ด้วยซึ่งถังทรงกระบอกกลมนี้จะถูกบรรจุอยู่ในถังรูปทรงสี่เหลี่ยม ที่มีสารกันความร้อนบรรจุอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

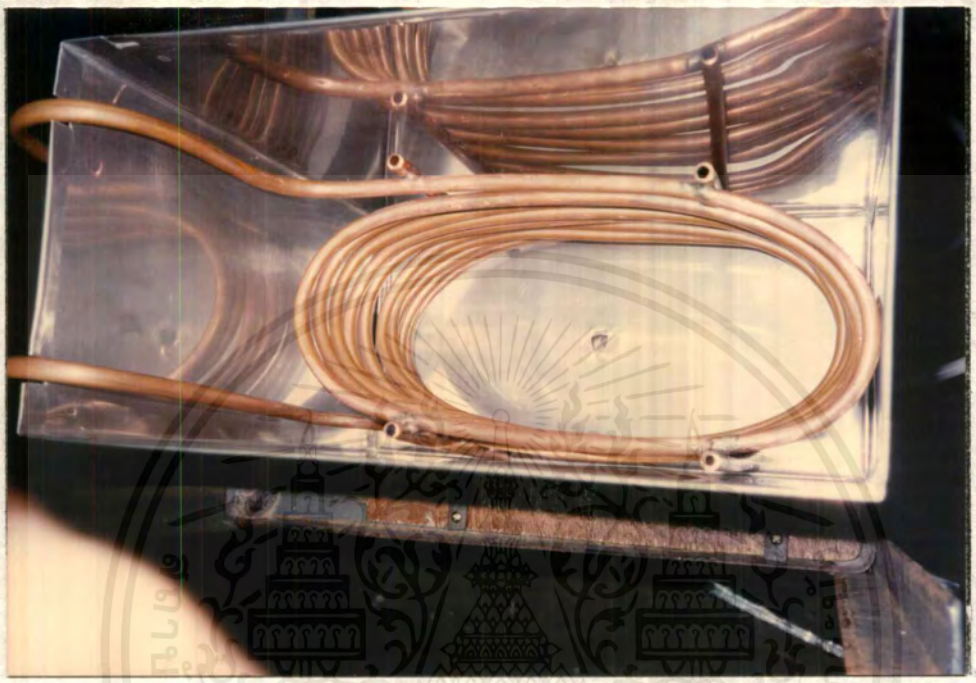


รูปที่ 3.6 แสดงโครงสร้างหม้อทำความร้อน

3.1.5 โครงสร้างชุดถังพัก พรีฮีท

ตัวถังทำด้วยโลหะที่ระบายความร้อนได้โดยออกแบบให้มีน้ำไหลเข้าทางด้านบนตัวถังซึ่งออกแบบเป็นรูปสี่เหลี่ยม แล้วให้น้ำไหลออกทางด้านล่างของตัวถัง ซึ่งในตัวถังจะมีชุดคอนเด็นเซอร์ บรรจุอยู่พร้อมทั้งมีขาอิเล็คโตรดของวงจรเช็คระดับน้ำ ออกแบบให้ยึดอยู่ด้านบนฝาถังโดยด้านบนของถังจะต้องมีฝาปิดครอบมิดชิดโดยรอบถังภายนอกจะไม่มีสารกันความร้อนเพราะไว้ระบายความร้อนในกรณีที่สภาวะที่น้ำในถังพักเต็มอยู่ เพื่อช่วยระบายให้ คอนเด็นเซอร์ ได้ระบายดีขึ้นในสภาวะนี้จะเกิดในชั่วระยะหนึ่ง ซึ่งมันไม่มีผลต่อระบบทำความเย็นมากนักจึงไม่นำมาพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านภารค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.7 แสดงโครงสร้างถังพักพรีฮีท

3.1.6 โครงสร้างชุดฆ่าเชื้อโรคด้วยหลอดอุลตร้าไวโอเลต

รายละเอียดอุปกรณ์

รายละเอียดข้อมูลของอุปกรณ์ที่ใช้ในชุดฆ่าเชื้อโรค จากรูป ดังมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

รายละเอียดโครงสร้างตัวหลอด

เส้นผ่าศูนย์กลางตัวหลอด	= 16 มม.
ความยาวตัวหลอด	= 288 มม.
ขั้วหลอด Type G5	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดท่อแก้วที่ใช้กั้นระหว่างหลอดยูวี

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตัวหลอดแก้ว = 20 มม.

ขนาดความยาวตัวหลอดแก้ว = 255 มม.

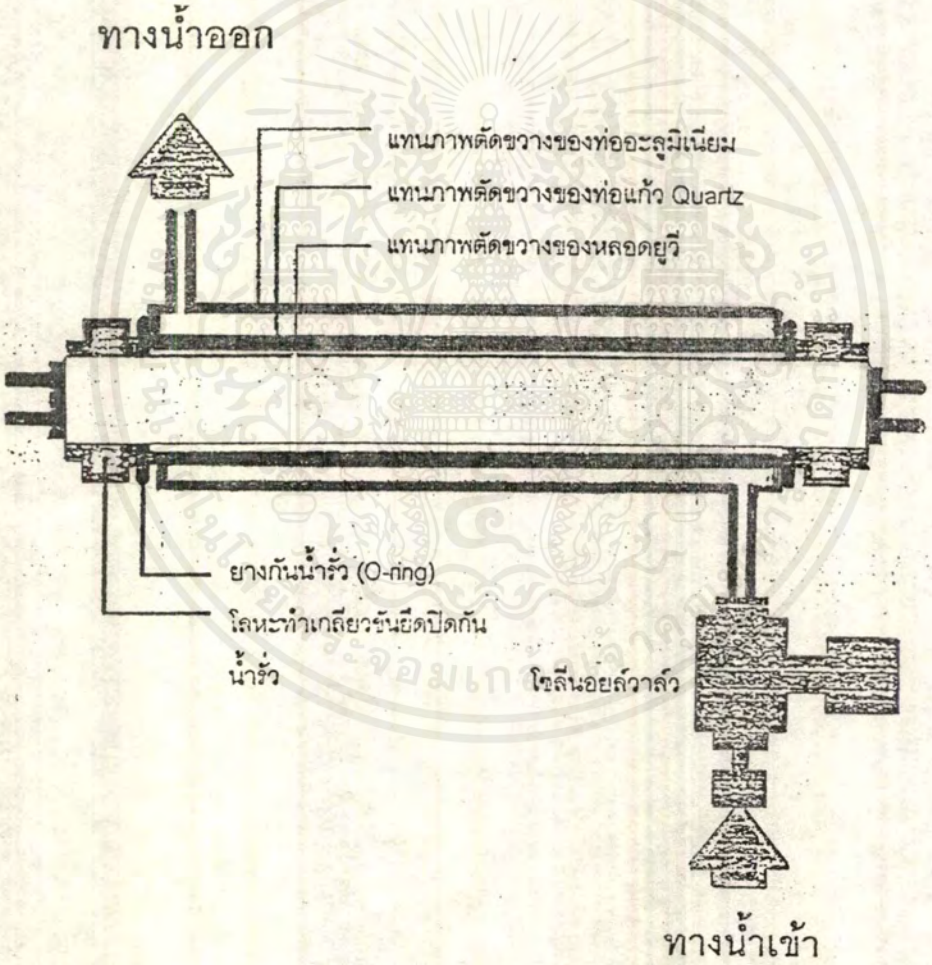
รายละเอียดท่อสแตนเลส

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ = 27 มม.

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ = 30 มม.

ขนาดความหนาของท่อ = 3 มม.

ปลายทั้งสองด้านทำเกลียวด้านใน



รูปที่ 3.8 แสดงโครงสร้างชุดฆ่าเชื้อโรคยูวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดท่อน้ำเข้าและออก

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของท่อ = 6.5 มม.

ขนาดความยาวของท่อ = 25 มม.

รายละเอียดยางกันน้ำรั่ว (O-ring)

ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของวงยาง = 20 มม.

<u>หมายเหตุ</u> ให้มีขนาดสวมเข้ากับท่อแก้วพอดีเพื่อกันน้ำรั่วซึม

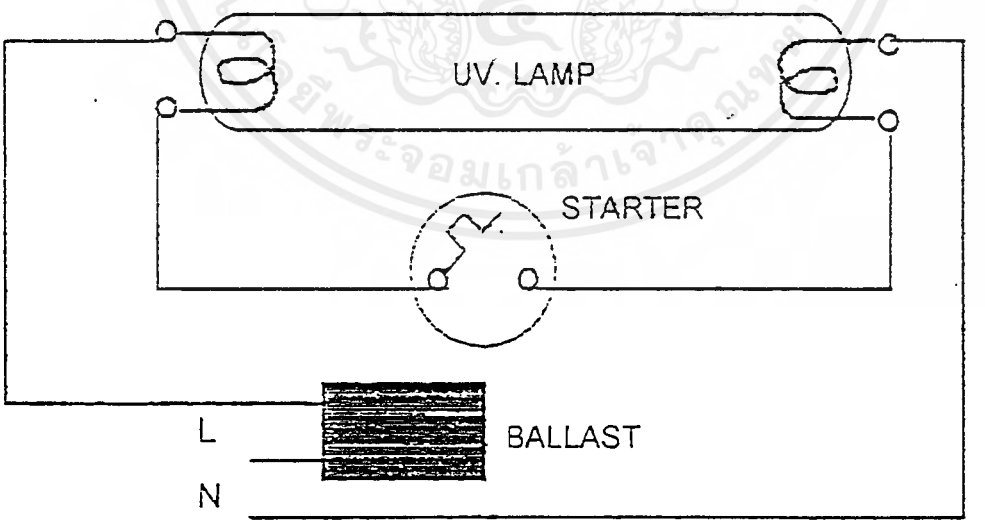
รายละเอียด โลหะปิดหัวท้ายกันน้ำรั่ว

ลักษณะดังรูปที่ 3.8 ทำเกลียวนอกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 27 มม.

3.1.6.1 ชุดวงจรควบคุมต่างๆ

1. ชุดวงจรควบคุมหลอดอุลตร้าไวโอเลต

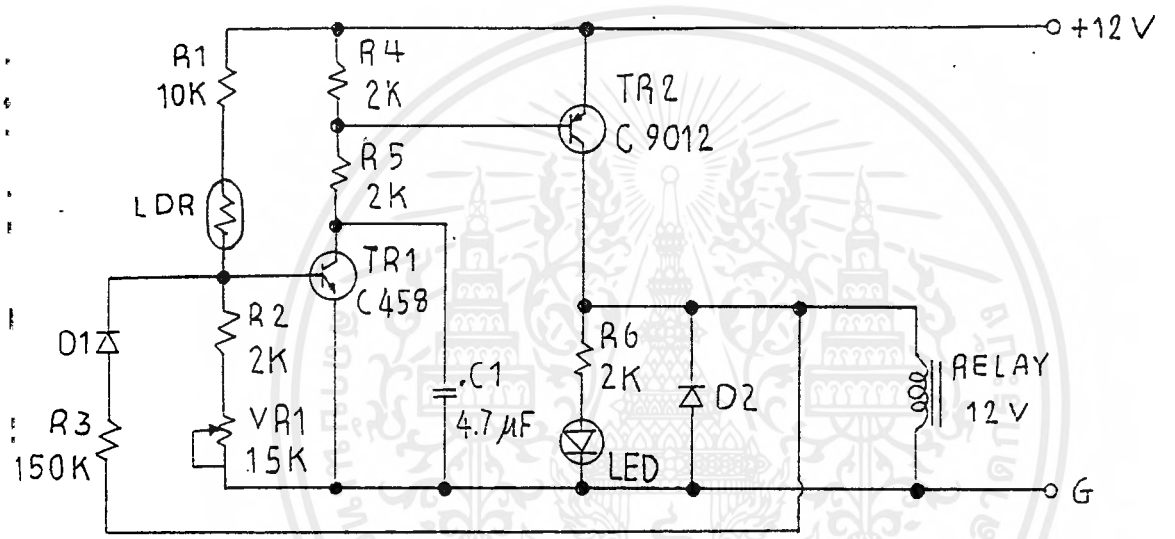
ในการทำงานของชุดวงจรควบคุมหลอดจะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับหลอดชนิดจุดไส้หลอดด้วยชุดสตาร์ตเตอร์ (Starter) ดังเช่นเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent)โดยทั่วไป ดังในรูปที่ 3.9



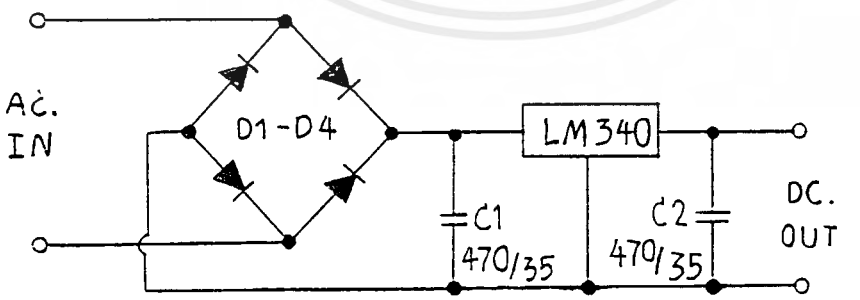
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรการต่อทางไฟฟ้าของหลอดฆ่าเชื้อโรคยูวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แสดงให้เห็นถึงตัวอย่างของหลอดยูวีที่ใช้ในโครงงานนี้หลอดยูวี ที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไปมีอยู่ด้วยกันหลายขนาดและหลายบริษัทที่ผลิตหลอดชนิดนี้ขึ้นมา ขนาดของหลอดที่นำมาใช้ในโครงงานนี้มีขนาด 8 วัตต์ ของบริษัทที่มีชื่อเสียงมากบริษัทหนึ่งที่ชื่อ Sylvania โดยการผลิตหลอดที่ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคชนิดนี้มีการผลิตด้วยกัน 3 ขนาด คือ 8 วัตต์ 15 วัตต์ และ 30 วัตต์ สำหรับวงจรการต่อให้หลอดชนิดนี้ทำการแสดงให้เห็นได้ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.10 ก แสดงชุดตรวจจับการทำงานของหลอดยูวี



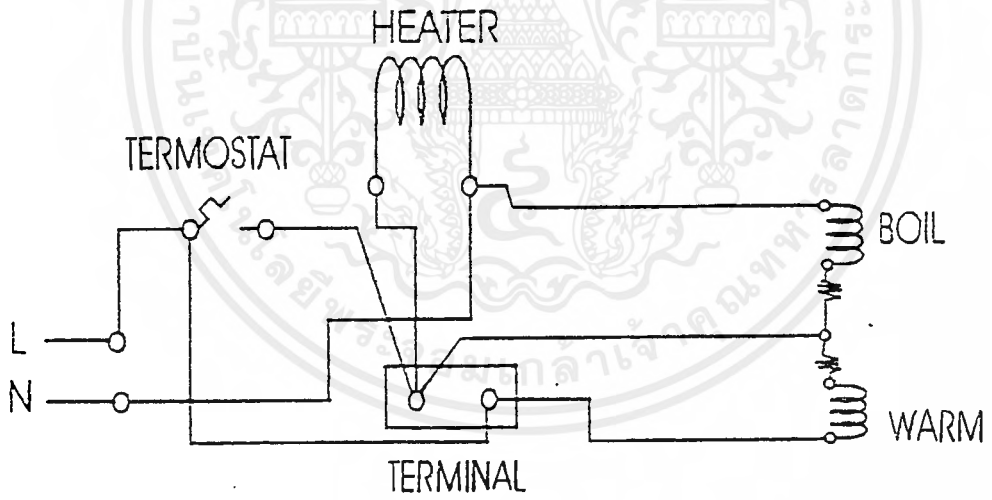
รูปที่ 3.10 ข แสดงวงจรเรกกูเรตโดยใช้ไอซีเบอร์ LM 340

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชุดวงจรควบคุมขดลวดความร้อน

เมื่อน้ำได้ไหลผ่านขบวนการถ่ายเทความเบื้องต้น มาแล้ว อุณหภูมิของน้ำจะสูงขึ้น และจะไหลลงสู่ถังทำความร้อนจนเต็มถังระดับที่ตั้งไว้ โดยใช้สวิตช์ลูกลอยชนิดทนความร้อนเป็นตัวตรวจจับระดับน้ำในถัง

เมื่อน้ำไหลเข้าเต็มถังจนถึงระดับที่ตั้งไว้แล้วขดลวดความร้อนจะเริ่มทำงาน พร้อมกับที่แผงแสดงผลด้านหน้าตู้ หลอดไฟแสดงสถานะ Boil จะสว่างขึ้นด้วย ซึ่งระยะเวลาและพลังงานที่ใช้ในการต้มน้ำจะถูกลดลง เพราะน้ำได้ผ่านขั้นตอนการถ่ายเทความร้อนเบื้องต้น มาก่อนแล้ว จนกระทั่งน้ำในระบบ มีอุณหภูมิที่ 90 °C เทอร์โมสตัท ที่ติดตั้งไว้ด้านข้างของถังก็จะทำงาน ทำให้ขดลวดความร้อน ยุติการทำงานหลอดไฟแสดงสถานะ Boil ดับลง และหลอดไฟแสดงสถานะ warm จะสว่างขึ้นแทน โดยขดลวดความร้อน จะเริ่มทำงานใหม่เมื่อน้ำมีอุณหภูมิลดลงถึง 80°C เทอร์โมสตัทจะทำการต่อวงจรทำให้ขดลวดความร้อน ทำงานอีกครั้ง

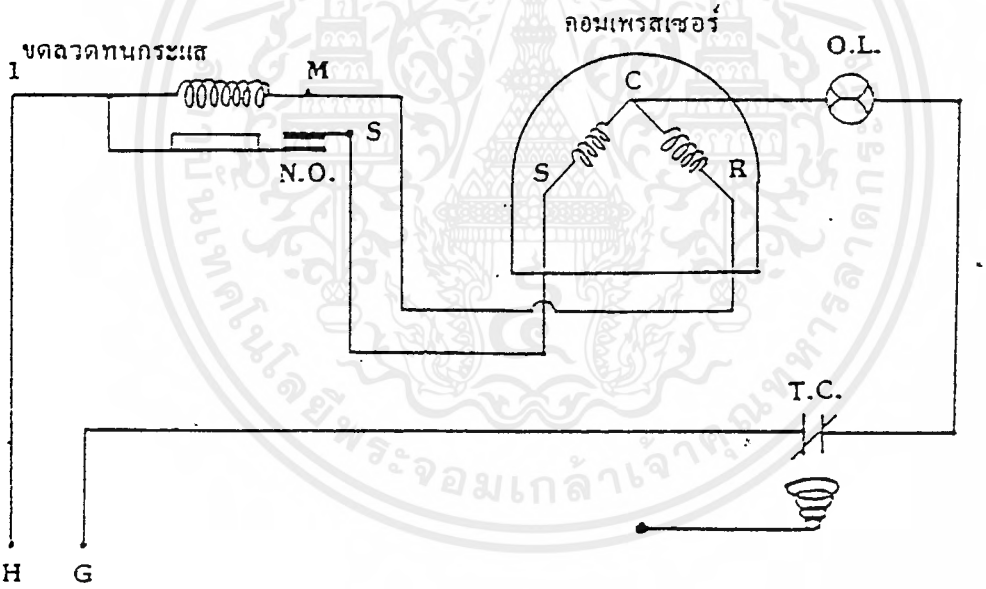


รูปที่ 3.11 แสดงวงจรไฟฟ้าควบคุมขดลวดความร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ชุดควบคุมระบบทำน้ำเย็น

ในระบบการทำความเย็นจะเป็น วงจรควบคุมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ โดยจะควบคุมโดยใช้อุณหภูมิเป็นตัวควบคุมการทำงานของวงจร โดยมีตัวเทอร์โมสตัททำหน้าที่ในการรับรู้ถึงอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไป ถ้าอุณหภูมิสูงกว่าที่ตั้งไว้ที่เทอร์โมสตัท ตัวเทอร์โมสตัทก็จะต่อวงจรให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงาน จนกว่าอุณหภูมิที่ได้จะลดต่ำลงจนถึงจุดที่ตั้งไว้ ตัวเทอร์โมสตัท ก็จะตัดวงจรออกมอเตอร์คอมเพรสเซอร์ก็จะหยุดการทำงาน โดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมอเตอร์คอมเพรสเซอร์จะต้องผ่านตัวโอเวอร์โหลดและตัวรีเลย์กระแสทั้งนี้เพื่อป้องกันอันตรายอันจะเกิดขึ้นจากความผิดพลาดของระบบไฟฟ้า นอกจากตัวเทอร์โมสตัทจะควบคุมมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แล้วตัวเทอร์โมสตัทยังควบคุมถึงมอเตอร์พัดลมระบายความร้อนเครื่องควบแน่นอีกด้วย

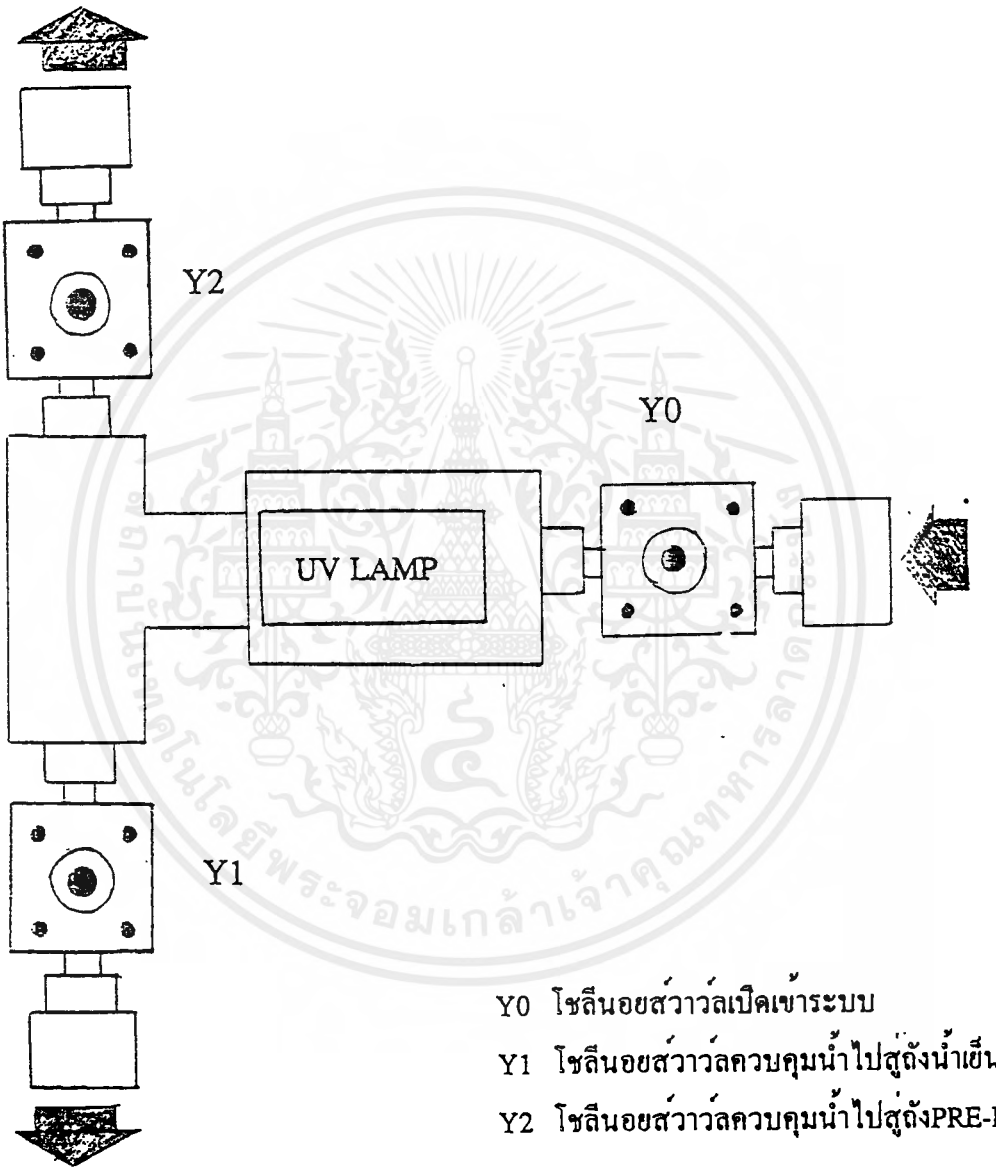


รูปที่ 3.12 แสดงวงจรไฟฟ้าของระบบเครื่องทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.6.2 วงจรทางเดินทางน้ำผ่านอุปกรณ์ต่าง ๆ

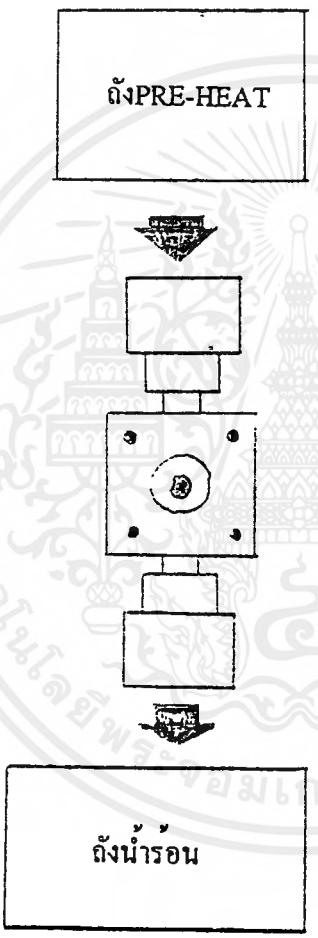
1. วงจรทางเดินทางน้ำผ่านชุดฆ่าเชื้อโรค ยูวีและโซลีนอยส์วาล์ว



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรทางเดินของน้ำผ่านชุด ยูวี และโซลีนอยล์วาล์ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรทางเดินของน้ำผ่านจุดถังพัก พรีฮีท ไปยังชุดถังน้ำร้อน



Y3 โซลีนอยส์วาว์ลควบคุมน้ำจากถังPRE-HEAT
ไปยังถังน้ำร้อน

รูปที่ 3.14 แสดงวงจรทางเดินของน้ำผ่านชุดถังพัก พรีฮีท ไปยังถังน้ำร้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7 การออกแบบและการคำนวณระบบทำความเย็น

3.1.7.1 การคำนวณระบบทำความเย็น

ภาระสำหรับระบบทำน้ำเย็น

ภาระสำหรับระบบทำน้ำเย็นจะต้องประกอบด้วยความร้อน 2 ประเภท คือ

1. ความร้อนจากภาระโดยตรง ซึ่งจะต้องถ่ายเทออกจากน้ำดื่มที่มีอุณหภูมิประมาณ 75 °F (24 °C) ลดลงเหลือประมาณ 50 °F (10 °C)

2.ความร้อนที่แทรกซึมผ่านภาชนะบรรจุน้ำ เพราะระบบทำน้ำเย็นตั้งอยู่ระดับที่มีอุณหภูมิของที่ทำงานโดยทั่วไปตั้งแต่ประมาณ 78 °F (25 °C) จนถึงประมาณ 85 °F (3°C)ปริมาณน้ำเย็นที่ใช้ดื่มของผู้ปฏิบัติงานจะแตกต่างกันไปตามลักษณะงาน ตารางที่ 3.1 จะบอกอัตราการดื่มน้ำของผู้ปฏิบัติงานแต่ละประเภท และบอกถึงระดับอุณหภูมิของน้ำที่ดื่มโดยน้ำ 1 แกลลอน จะเท่ากับ 8.337 ปอนด์ หรือเท่ากับ 3.788 ลิตร

Usage	Final Temp. Required °F.	Total Amount of Water Used and Wasted
1. Office Building—Employees	50	⅛ gallon per hour per person
2. Office Building—Transients	50	½ gallon per hour for each 250 persons per day
3. Light Manufacturing	50 to 55	⅕ gallon per hour per person
4. Heavy Manufacturing	50 to 55	¼ gallon per hour per person
5. Restaurant	45 to 50	1/10 gallon per hour per person
6. Cafeteria	45 to 50	1/12 gallon per hour per person
7. Hotels	50	½ gallon per day per room (14 hr. day)
8. Theaters	50	1 gallon per hour per 75 seats
9. Stores	50	1 gallon per hour per 100 customers per hour
10. Schools	50 to 55	⅛ gallon per hour per student
11. Hospitals	45 to 50	1/12 gallon per day per bed

Note—Total amount of water used and wasted varies with type of installation and kind of service. This table will serve as a basis for determining cooler capacity required.

รูปที่ 3.15 แสดงอัตราการดื่มน้ำเย็นของผู้ปฏิบัติงานแบบต่างๆที่กำหนดโดย Temprite, Eaton Corp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาขนาดของการทำความเย็น

Btu = lbs*Sp.H.*TD (3.1)

เมื่อ lbs = จำนวนภาระทั้งหมด มีหน่วยเป็น ปอนด์

Sp.H = ความร้อนจำเพาะ ในโครงงานนี้คือความร้อนจำเพาะของน้ำ มีค่า = 1

T.D = อุณหภูมิที่แตกต่างของอุณหภูมิของน้ำเข้าและน้ำออก

1. ภาระโดยตรง

จากข้อมูลที่ศึกษามาดังนี้

1. เลือกอุณหภูมิน้ำที่ต้องการ เป็น 50 ° F
2. ต้องการดื่มน้ำเป็น 1/8 Gallon per hour per students.
3. อุณหภูมิของน้ำประปาประมาณ 75° F

จาก 1 Gallon = 8.337 lbs. =3.785 lite.

จากการออกแบบจึงกำหนดให้ความจุของภาชนะบรรจุน้ำเย็นประมาณ 3 ลิตร

4. ให้จำนวนนักศึกษาประมาณ 100 คน ที่ใช้บริการ

∴ 1/8 Gallon x100 = 1/8 x8.337x100 = 104 lbs.

2. ภาระที่เกิดจากความร้อนแทรกซึมผ่านภาชนะบรรจุน้ำ

ในโครงงานนี้จะทำการป้องกันการแทรกซึมความร้อนจากภายนอกเข้ามาภายในโดยบรรจุฉนวนกัน ความร้อน ซึ่งภาระส่วนนี้น้อยมากจึงไม่นำมาคิด

∴ เมื่อ lbs. = 104 lbs

Sp.H น้ำ = 1

T.D = อุณหภูมิน้ำประปา - อุณหภูมิน้ำเย็น

= 75 ° F - 50 ° F

= 25 ° F

แทนค่าต่างๆ ลงในสูตร

Btu = 104 x 1 x 25

= 2600 Btu.

ทำเป็นตัน = 2600/12000 = 0.2166 ton.

∴ ภาระของระบบ = 0.2166 ton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณขนาดของ Compresser

คำนวณโดยใช้ p-h ชาร์ท

จาก p-h ชาร์ท รูปที่ 3.16 กำหนดให้จุด

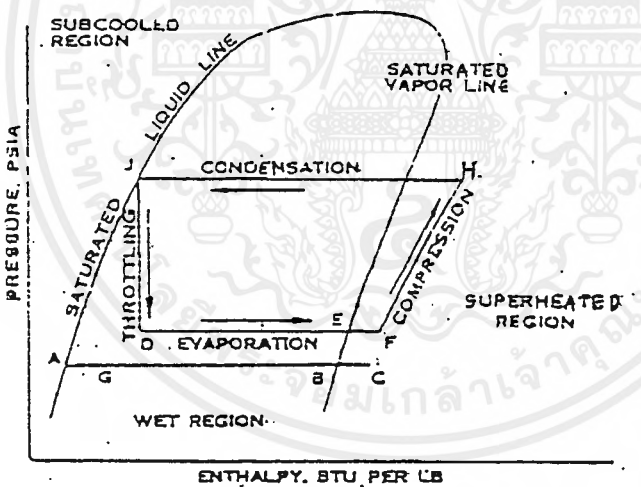
J ของ p-h ชาร์ทเป็น h1,D ของ p-h ชาร์ทเป็น h2, F ของ p-h ชาร์ทเป็น h3, H ของ p-h เป็น h4 : โดยจาก

h1-h2 แทน Throtting process

h2-h3 แทน Evaporation at constant pressure process

h3-h4 แทน Compression process

h4-h1 แทน Condensation at constant pressure process



รูปที่ 3.16 แสดง p-h ชาร์ท ของวัฏจักรทำความเย็นในอุดมคติ

พิจารณาระบบ

Referigeration effect or heat absorb

$$Q\ (\text{evaporator}) = h3-h2 \quad \text{Btu/lb.} \qquad (3.2)$$

Referigerat flow (จาก 1 ton = 200 Btu/min)

$$\text{Refrigerant flow} = \frac{200 * \text{ton}}{h3-h2} \quad \text{lb./min} \qquad (3.3)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Heat reflected during condensation

Q (condenser) = h4-h1 Btu/lb. (3.4)

Q (net) or Work (net)

Q (net) = h4-h3 Btu/lb. (3.5)

Total work input at compressor = $\frac{200 (h4-h3) * ton * 1}{h3-h2 \quad 42.4}$ HP. (3.6)

COP (Coefficient of performance)

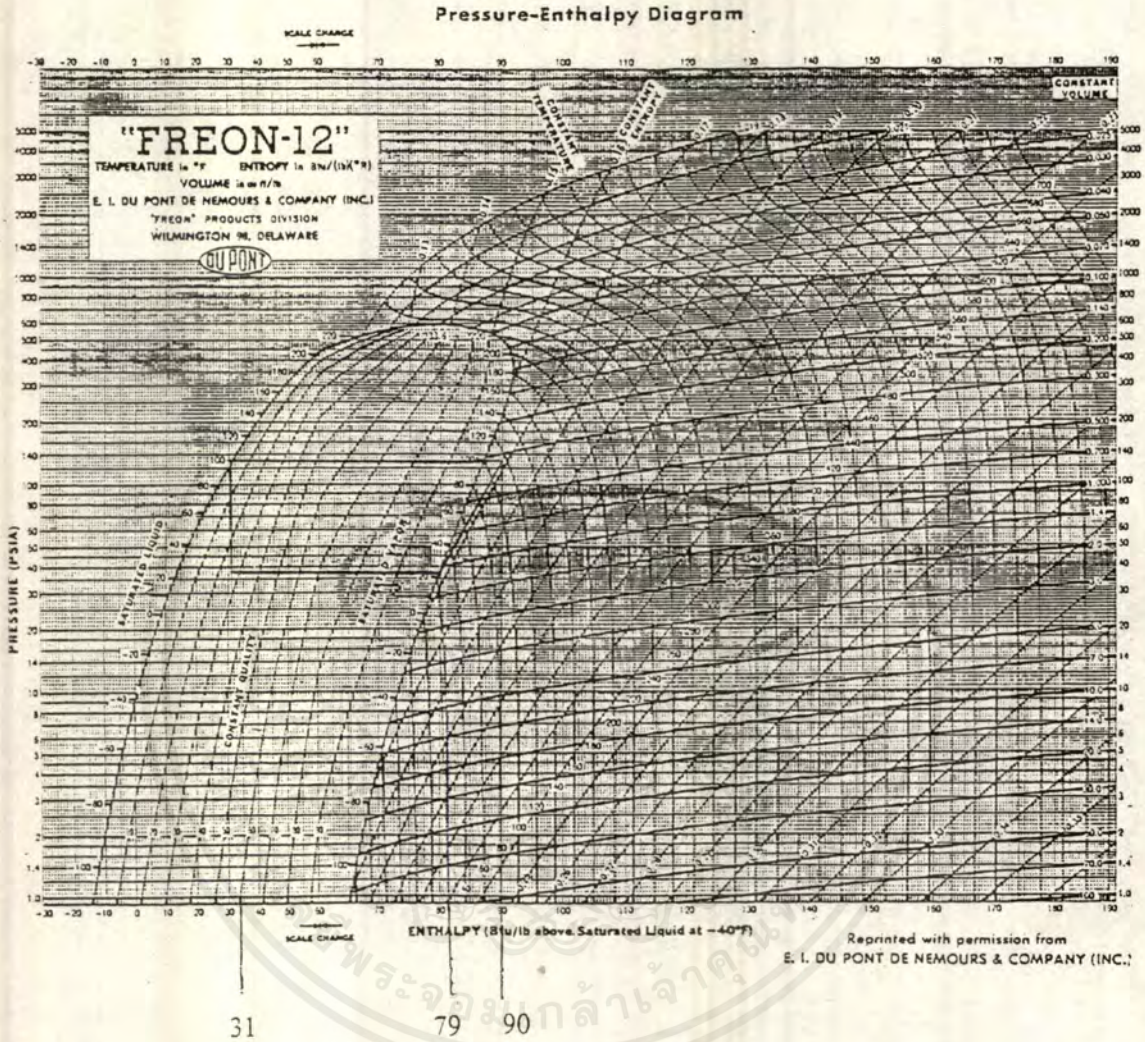
COP = Q(in)/Q(net) (3.7)

= (h3-h2)/(h4-h3) (3.8)

HP. per ton

HP. per ton = 4.717 $\frac{(h4-h3)}{(h3-h1)}$ HP./ton (3.9)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดง p-h ชาร์ทของ Freon - 12

กำหนดให้ 1. อุณหภูมิของเครื่องควบแน่น (Condenser) = 100 องศา F

2. อุณหภูมิของอีแวปปอเรเตอร์ (Evaporater) = 25 องศา F

จากการลากจุดต่างๆ จะได้ข้อมูลดังนี้

h1 = 31 Btu/lb, h2 = 31 Blu/lb , h3=79 Btu/lb, h4 = 90 Btu/lb

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คำนวณหาค่า Refrigerant effect

Q (evaporator) = h3 - h2

= 79 - 31

= 48 Btu/lb

- คำนวณหาค่า Refrigerant flow

Refrigerant flow = 200xton / (h3-h2)

= 200x0.2166 / 48

= 0.9025 lb/min

- คำนวณหาค่า Heat reflected during condensation

Q (Condenser) = h4 - h1

= 90 - 31

= 59 Btu/lb

- คำนวณหาค่า Q (net)

Q (net) = h4 - h3

= 90 - 79

= 11 Btu/lb

- คำนวณหาค่า Total work input at compressor

$$\text{Total work} = \frac{200\,(h4 - h3)\ \text{ton} \times 746}{h3 - h2} \quad \frac{}{42.6}$$

$$= \frac{200 \times 11 \times 0.2166}{48} \quad \frac{\times 746}{42.6}$$

= 173.84 watts.

- คำนวณ Coefficient of performance

COP = (h3 - h2) / (h4 - h3)

= 48/11

= 4.363

- คำนวณหาค่า H.P. per ton

H.P. per ton = 4.717 (h4 - h3) / (h3 - h1)

= 4.717 (11) / (79-31)

= 1.0809 H.P. per ton

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระบบนี้มีขนาด 0.2166 ton

H.P. = 1.0809 x 0.2166

= 0.234 H.P

ทำเป็น watt

Watt = 0.234 x 746

= 174.65 Watts

= 1/4 HP.

∴ ในระบบนี้จึงเลือกใช้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ขนาด 1/4 HP.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.7.2 การคำนวณความยาวของขดท่อทองแดง

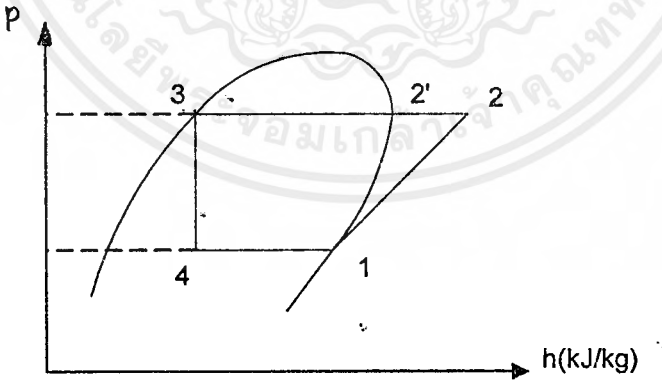
การคำนวณความยาวของขดท่อทองแดงจะมีลักษณะเหมือนการคำนวณความยาวท่อตรงแบบการพาความร้อน หมายความว่า จะทำการพิจารณาทั้งสองลักษณะให้เป็นกรณีเดียวกัน เพราะไม่ว่าจะเป็นขดท่อทองแดง หรือท่อตรงพื้นที่ของการระบายความร้อนก็ยังเท่าเดิม

การคำนวณความยาวของขดคอยล์ร้อนจะใช้หลักการของการถ่ายเทความร้อน และทฤษฎีพื้นฐานของระบบปรับอากาศนำไปใช้ในการคำนวณ โดยพิจารณาเป็นขั้นตอนการคำนวณได้ดังนี้

1. การคำนวณหาอัตราการไหลของสารทำความเย็น

จะเริ่มพิจารณาตั้งแต่วัฏจักรทำความเย็น p-h ไดอะแกรม โดยออกแบบที่ภาระการทำความเย็นที่ 0.762 kw การคำนวณหาความยาวท่อทองแดงที่จะนำมาทำขดท่อทองแดง จะตั้งสมมติฐานดังนี้

- ขดท่อทองแดงเป็นเส้นตรง
- การไหลของสารทำความเย็นเป็นการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent)
- เป็นการถ่ายเทความร้อนแบบการพาความร้อน (Free convection and Force convection)
- อุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ $= 37.8^{\circ}C$
- อุณหภูมิของอีแวปปอเรเตอร์ $= 3.88^{\circ}C$



รูปที่ 3.18 p-h diagram ของวัฏจักรทำความเย็นในอุดมคติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลการสมมติฐาน จะสามารถอ่านค่าเอนทาลปี้ แต่ละจุดจาก แทนค่าสมการได้ดังนี้

$$Q = m_r(h_1 - h_4) = Q_{evep} \quad (3.10)$$

$$m = \frac{Q}{(h_1 - h_4)} \quad (3.11)$$

2. การคำนวณหาความร้อนที่นำมาใช้ในถังน้ำอุ่น

$$Q_{reject} = (H.R)(Q) \quad (3.12)$$

$$Q = Q_{reject} - m_r(h'_2 - h_3) \quad (3.13)$$

Q = ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทให้กับน้ำในถัง

3. การคำนวณหาความยาวของขดคอยล์ร้อนในถังน้ำอุ่น

- กำหนดให้อุณหภูมิที่ทางออกของขดคอยล์ร้อน คือ To = To = 37.8°C
- กำหนดให้อุณหภูมิที่ออกจากคอมเพรสเซอร์ คือ T_i

$$T_1 = T_0 + \frac{Q_{use}}{m_r C_p} \quad (3.14)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของ R12 ในท่อ

หาค่า $$\overline{T}_r = \frac{T_i + T_0}{2} \quad (3.15)$$

หาค่าคุณสมบัติ R12 ที่ $\overline{T}_r$ R12 คือ

$$\rho, \nu, Cp, \Pr, k$$

หาค่าเรโนลด์ นัมเบอร์

$$\mathrm{Re} = \frac{pVD}{\mu} \frac{4m_r}{\pi DP\nu} \quad (3.16)$$

กำหนดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของขดท่อที่ใช้คือ D = 0.09525 m

ใช้สมการ ดิตตัส - โบลเตอร์ (Dittus-Boelter equation) หาค่า Nu

$$\mathrm{Nu} = 0.023\, re^{0.8}\, \mathrm{Pr}^n \quad (3.17)$$

โดยที่ n = 0.4 เมื่อถูกทำให้ร้อนขึ้น

n = 0.3 เมื่อถูกทำให้เย็นลง

หาค่า hi จาก

$$h_1 = kNu/d \quad (3.18)$$

การหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายนอกท่อ

ซึ่งเป็นการพาความร้อนแบบอิสระ (Free convection) บนท่อกลมยาว

$$\overline{T}_w = \frac{T_{w\max} + T_{w\min}}{2} \quad (3.19)$$

$$\overline{T}_f = \frac{\overline{T}_w + \overline{T}_r}{2} \quad (3.20)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ $\overline{T}_f$ เปิดตารางภาคผนวก

จะได้ค่า $\beta, \nu, \Pr, k$

แทนค่าในสมการ

$$Ra_D = \frac{g\beta(\overline{T}_r - \overline{T}_w)L^3 \Pr}{\nu^2} \tag{3.21}$$

นำค่า Ra_D ไปหาค่า C , n ในตารางภาคผนวก

นำค่า C , n, Ra_D แทนลงในสมการเพื่อหาค่า ho

$$Nu_m = \frac{h_0 D}{k} = CRa^n{}_D \tag{3.22}$$

หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมจาก

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{1}{h_0} \tag{3.23}$$

หาค่า LMTD จาก

$$LMTD = \frac{(T_0 - T_i)}{In\dfrac{(T_0 - \overline{T}_w)}{(T_i - \overline{T}_w)}} \tag{3.24}$$

หาค่าพื้นฐานที่การแลกเปลี่ยนความร้อนรวมจาก

$$Q = UA\ (LMTD) \tag{3.25}$$

$$A = Q/(ULMTD) \tag{3.26}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

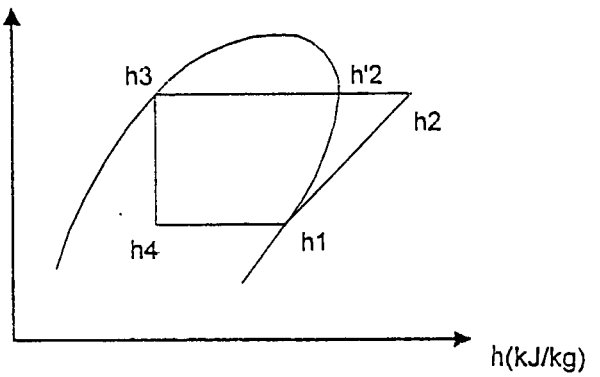
หาค่าความยาวท่อทองแดงจาก

$$L = A/(\pi D) \tag{3.27}$$

ในกรณีนี้ใช้ Q ที่เกิดที่ Condenser จึงได้

$$A = \frac{Q_{CON}}{(U \bullet LMTD)} \tag{3.28}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



h1 = 183.75 kJ/kg

h2 = 209.34 kJ/kg

h'2 = 200.03 kJ/kg

h3=h4 = 72.10 kJ/kg

Q = 0.762 kw

$$m_r = \frac{0.762}{(183.75 - 72.10)}$$

$$= 6.82 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$$

อ่านค่า HR = 1.33

$$Q_{reject} = 1.33\ (0.762) \text{ kw}$$

$$= 1.013 \text{ kw}$$

$$Q_{use} = 1.013 - [\,6.82 \times 10^{-3} \times (200.03 - 72.1)\,]$$

$$T_i = 37.8 + \frac{140.5 \times 10^{-3}}{(6.82 \times 10^{-3} \times 0.9978)}$$

$$= 58.44\ ^{\circ}\text{C}$$

หาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนภายในท่อ (hi)

กำหนดใช้ท่อ 3/8" , D = 0.009525 m

$$\bar{T}_r = \frac{(37.8 + 58.44)}{2}$$

$$= 48.12\ ^{\circ}\text{C}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติของ R12 ที่อุณหภูมิ $\overline{T}_r = 48.12 \approx 50\ ^\circ C$

p	=	1215.96	kg/m^3
V	=	0.19×10^{-6}	m^2/s
Cp	=	1.0216	$kJ/kg^\circ C$
K	=	0.067	$W/m^\circ C$
Pr	=	3.5	

$$Re = \frac{4 \times 6.82 \times 10^{-3} \times 10^6}{3.14 \times 0.009525 \times 1215.6 \times 0.19}$$

$$= 3949$$

$$Nu = 0.023 \times 3949^{0.8} \times 3.5^{0.3}$$

$$= 25.24$$

$$hi = \frac{25.24 \times 0.067}{0.009525}$$

$$= 177.54 \quad w/m^2\,^\circ C$$

หาสัมประสิทธิ์ของการถ่ายเทความร้อนภายนอกท่อ (ho)

$$\overline{T}_w = \frac{24 + 37.8}{2}$$

$$= 30.9^\circ C$$

$$\overline{T}_f = \frac{30.9 + 48.12}{2}$$

$$= 39.51^\circ C$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาคุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิ $39.51^{\circ}C \approx 40^{\circ}C$

$$V = 0.658\times10^{-6} \quad m^2/s$$

$$\beta = 0.18\times10^{-3} \quad K^{-1}$$

$$Pr = 4.34$$

$$k = 0.628$$

$$Ra_D = \frac{9.81\times0.18\times10^{-3}\times(48.12-30.9)\times0.009525^3\times434}{(0.658\times10^{-6})^2}$$

$$= 263395$$

อ่านค่า Ra_D สำหรับการพาความร้อนแบบอิสระได้ C= 0.48 , n= 0.25

$$Nu = 0.48\times(263395)^{0.25}$$

$$= 10.87$$

$$ho = \frac{10.87\times0.628}{0.009525}$$

$$= 716.68 \quad W/m^2\,^{\circ}C$$

หาสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (U)

$$U = \frac{716.68\times177.54}{716.68+177.54}$$

$$= 142.3 \quad W/m^2\,^{\circ}C$$

$$LMTD = \frac{(58.44-37.8)}{In\frac{(58.44-30.9)}{(37.8-30.9)}}$$

$$= 14.9$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$A = \frac{912}{(142.3 \times 14.9)}$$

$$= 0.43 \quad m^2$$

$$L = \frac{0.43}{(3.14 \times 0.009525)}$$

$$= 14.3 \quad \text{m}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การออกแบบและสร้างโครงงานเครื่องต้นแบบ

4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ

รูปที่ 4.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ

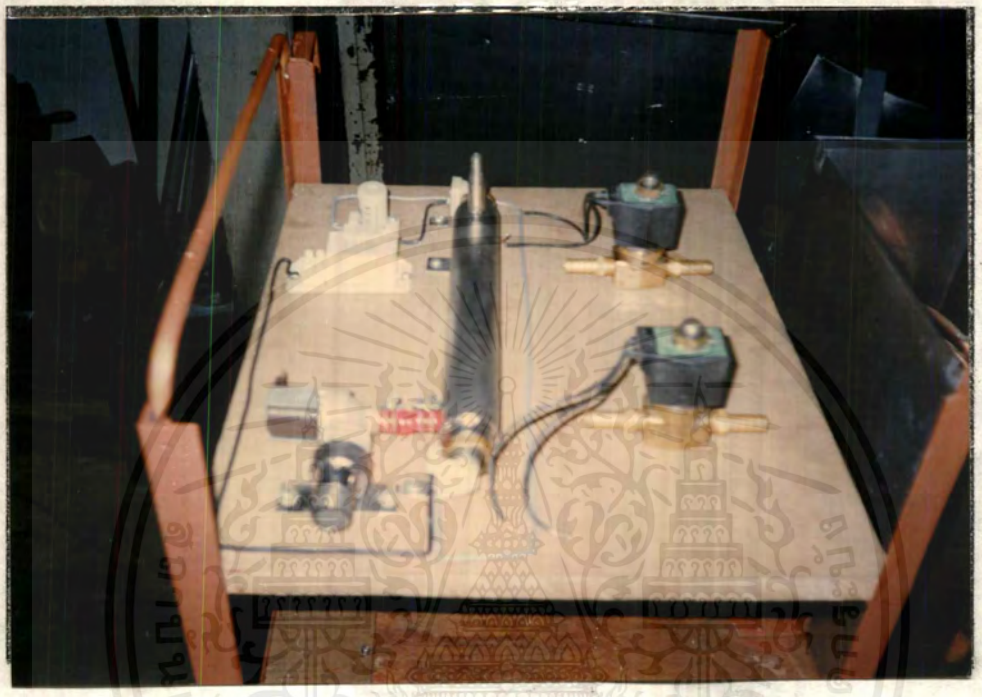
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ (ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 แสดงโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แสดงโครงสร้างของเครื่องชุดฆ่าเชื้อโรคยูวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 รายการวัสดุและอุปกรณ์ของเครื่องต้นแบบ

รายการวัสดุอุปกรณ์	QTY	UNIT
1. วัสดุอุปกรณ์เครื่องทำความเย็น		
1.1 คอมเพรสเซอร์	1	EA
- 200 / 220V 50HZ		
- ¼ แรงม้า(HP)		
- 1.45 / 1.50 FLA		
- 12.5 / 13.5 LRA		
- ยี่ห้อSUMSUNG รุ่น ML90KOY หรือเทียบเท่า		
- R-12,THERMALLY PROTECTED		
1.2 รีเลย์(CURRENT RELAY)	1	EA
- ใช้กับมอเตอร์คอมเพรสเซอร์แบบปิดสนิทขนาดตั้งแต่1/100-1/2แรงม้า		
1.3 โอเวอร์โหลด	1	EA
- ขนาดที่ใช้กับCOMPRESSOR 1/4 แรงม้า		
1.4 ตัวกรองความชื้นและสิ่งสกปรก(FILTER DRIER)	1	EA
1.5 ท่อรูเข็ม(CAPTUBE)	1	EA
1.6 น้ำยา R-12		
1.7 ท่อทองแดงขนาด DIA 3/8"	1	EA
- ส่วนของ CONDENSER		
- ส่วนของ EVAPORATOR		
1.8 ACCESSORIES	1	LOT
2.วัสดุอุปกรณ์ระบบควบคุมคุณภาพน้ำ		
2.1 ชุดฆ่าเชื้อโรค (U.V)		
2.1.1 ชุดหลอดยูวี	1	EA
- ยี่ห้อ SYLVANIA		
- ขนาด 8W		
- ยาว288 mm,เส้นผ่าศูนย์กลาง 16 mm		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการวัสดุอุปกรณ์	QTY	UNIT
2.1.2 บัลลาสต์	1	EA
- ยี่ห้อ VASSLOH SCHVABEหรือเทียบเท่า		
- REF.NO.923.855		
- 7/9/11 W		
- 220 V 50HZ		
2.1.3 สตาร์ทเตอร์	1	EA
2.1.4 ACCESSORIES	1	LOT
2.2 ชุดกรองน้ำ		
2.2.1 ชุดกรองน้ำ 2 ท่อน	1	EA
2.2.2 ACCESSORIES	1	LOT
3.วัสดุอุปกรณ์ระบบควบคุมน้ำ		
3.1 ชุดวงจรวัดระดับน้ำ 2 ระดับ	3	EA
3.2 SOLINOID VALVES		
3.2.1 AC 220 V ± 10 %	3	EA
- รุ่น 319 R		
- ข้อต่อขนาด 3/4 นิ้ว		
- อุณหภูมิใช้งาน 25 องศา C - 60 องศา C		
- ปกติปิด		
- 220/240 V 50 HZ		
- ใช้กำลังไฟ 8 W		
- ควบคุมถัง PRE-HEAT และ ถังน้ำเย็น		
3.2.2 AC 220 V ± 10 %	1	EA
- ยี่ห้อ PARKER COIL ZB09		
- ข้อต่อขนาด 1/4 นิ้ว		
- อุณหภูมิใช้งาน - 40 องศา C - 105 องศา C (150 องศา C Max)		
- ปกติปิด		
- ใช้กำลังไฟ 9 W		
3.3 ก๊อกน้ำเย็น	1	EA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการวัสดุอุปกรณ์	QTY	UNIT
3.4 ก็อกน้ำร้อน	1	EA
3.5 ก็อกน้ำร้อน	1	EA
3.6 ท่อน้ำ	1	LOT
3.7 ACCESSORIES	1	LOT
4. วัสดุอุปกรณ์ระบบควบคุมภายในตู้		
4.1 ชุดควบคุมระบบไฟฟ้าภายในอุปกรณ์		
4.1.1 FUSES CONTROL	1	EA
4.1.2 MAIN RELAY 15 A	1	EA
4.1.3 TIME RELAY	1	EA
4.1.4 SWITCH OFF	1	EA
4.1.5 LAMP	3	EA
4.1.6 THERMOSTAT ในถังน้ำร้อน	1	EA
4.1.7 สายไฟ CONTROL	1	LOT
4.1.8 ตัวตู้ควบคุม	1	LOT
4.1.9 ACCESSORIES	1	LOT
4.2ชุดควบคุมหลอดยูวี		
4.2.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์ของส่วนการทำงานสวิตช์ทำงานด้วยแสง	1	ชุด
พร้อมอุปกรณ์ตามวงจร		
4.2.2 วงจรเรคกูเลท โดยใช้ไอซีเบอร์ LM 340	1	ชุด
4.2.3 ACCESSORIES	1	LOT
5. ถังทำน้ำร้อน	1	ถัง
- ความจุ 2 ลิตร		
- ติดตั้งขดลวดความร้อนรอบถังด้านนอก		
- ตัวถังทำจากวัสดุแสตนเลสบรรจุลูกลอยและ THERMOSTAT ในถัง		
6. ถังทำน้ำเย็น	1	ถัง
- ความจุ 3 ลิตร		
- ติดตั้งคอยล์เย็นรอบถังด้านนอก		
- ตัวถังทำจากวัสดุแสตนเลส		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

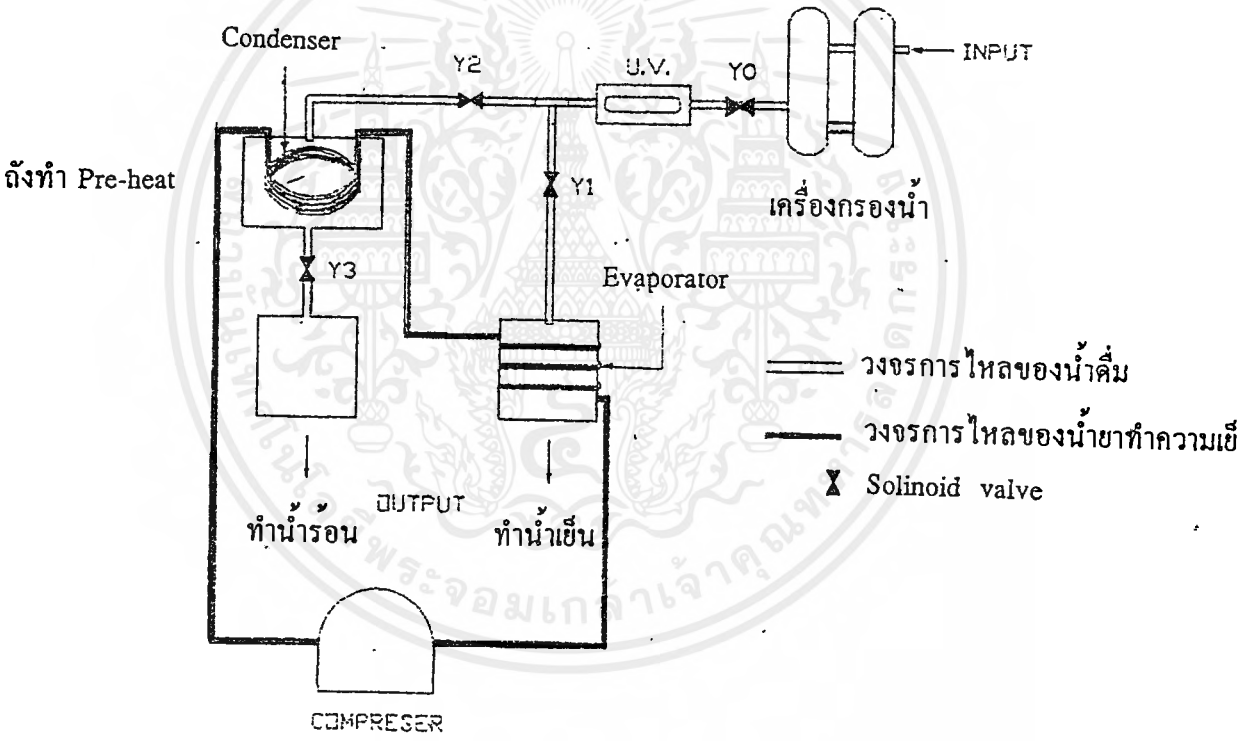
รายการวัสดุอุปกรณ์	QTY	UNIT
7. ถังPRE-HEAT	1	ถัง
- ขนาด 15 x 30 x 30 cm		
- ติดตั้ง CONDENSER ไว้ภายในถังพร้อมลูกลอย 2 ตัว		
8. วัสดุป้องกันความร้อนในถังทำน้ำร้อนและถังทำน้ำเย็น	1	LOT
9. วัสดุอุปกรณ์ทำเครื่องต้นแบบทั้งหมดพร้อมACCESSORIES	1	LOT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่5

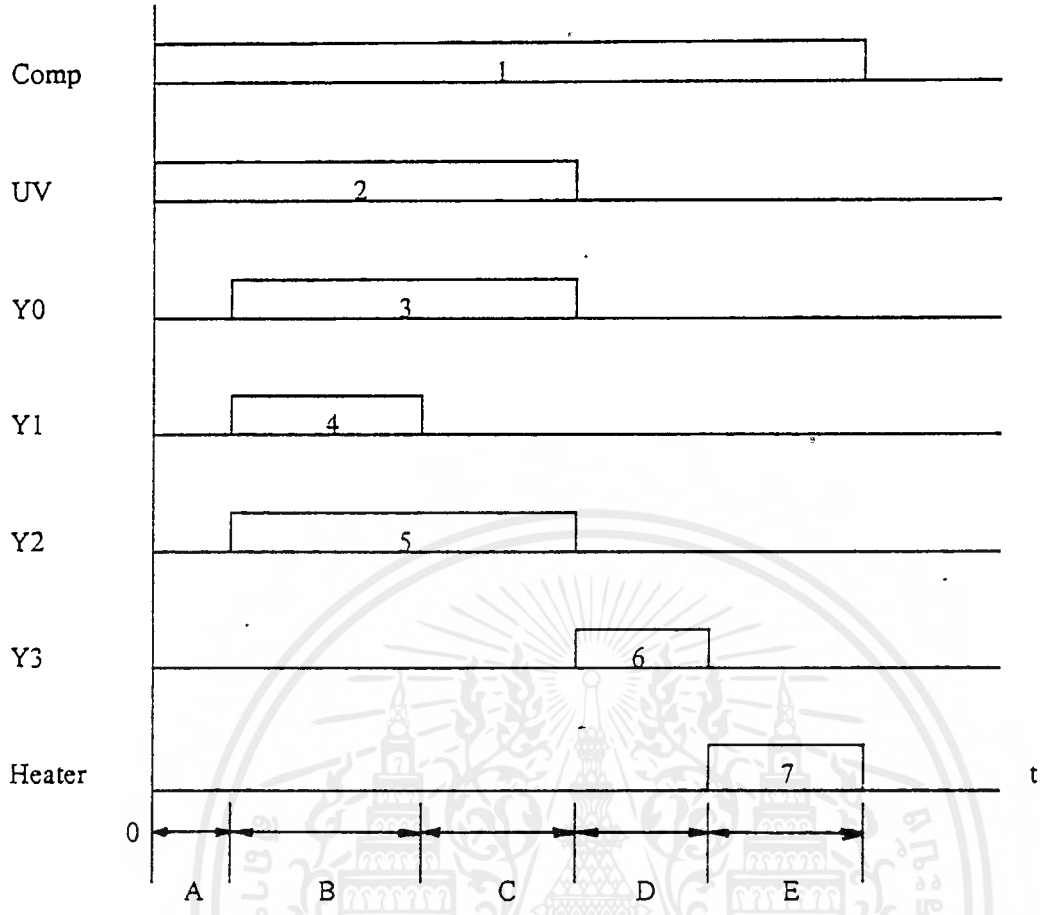
การทดลองและสรุปผลการทดลอง

โครงสร้างระบบการทำงานของเครื่องต้นแบบ จากรูปที่ 5.1 จะแสดงให้เห็นวัฏจักรในการทำงานของระบบซึ่งในการทดลองได้ทำการทดลองตามขั้นตอนในการทำงาน ที่ละช่วง ซึ่งจะอธิบายในหัวข้อต่อไป



รูปที่ 5.1 แสดงโครงสร้างวัฏจักรการทำงานของเครื่องต้นแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ไดอะแกรมแสดงขั้นตอนในการทำงาน

จากรูปอธิบายได้ว่า

1. แสดงช่วงเวลาที่ คอมเพรสเซอร์ ทำงานเริ่มจากเปิดระบบจนได้ระดับความเย็นที่ต้องการ

2. แสดงช่วงเวลาที่ยูวี ทำงานเริ่มจากเปิดระบบหรือถังน้ำเย็นหรือถังน้ำ พรีฮีท ถังใดถังหนึ่งแห้งจนน้ำเต็ม

3. แสดงช่วงเวลาที่ solenoid valve main ทำงานหลังจากอุ่นยูวี ประมาณ 2 นาที จนน้ำในถังน้ำเย็นและถังพรีฮีทเต็ม

4. แสดงช่วงเวลาที่ solenoid valve เปิดน้ำเข้าถังน้ำเย็น ทำงานหลังจากอุ่นยูวี ประมาณ 2 นาที กรณีเริ่มเปิดระบบหรือน้ำในถังแห้งจนเต็ม

5. แสดงช่วงเวลาที่ solenoid valve เปิดน้ำเข้าถังพรีฮีท หลังจากอุ่นยูวี 2 นาที กรณีเริ่มเปิดระบบหรือน้ำในถังแห้งจนเต็ม

6. แสดงช่วงเวลาที่ solenoid valve เปิดน้ำเข้าถังน้ำร้อน ทำงานหลังจากที่ถังพรีฮีทเต็ม กรณีเริ่มเปิดระบบหรือ กรณีที่น้ำในถังแห้งจนเต็ม

7. แสดงช่วงเวลาที่ ฮีทเตอร์ ใช้ในการต้มน้ำจนได้อุณหภูมิตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการทดลองโดยเริ่มจากการเปิดระบบการทำงานจากนั้น บันทึกค่าพลังงานที่เกิดขึ้นตามช่วงเวลาต่าง ๆ ดังตารางที่แสดงไว้ข้างล่างนี้

ช่วงเวลาทำงาน	A	B	C	D	E	
เวลาที่ใช้	2	5	9	2	13	นาที
กำลังวัตต์ที่ใช้	265	285	275	275	1025	วัตต์
พลังงานที่ใช้	8.83	23.75	41.25	9.17	222.08	วัตต์-ช.ม.

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าการใช้กำลังงานในช่วงเวลาต่าง ๆ

จากตารางผลการทดลองแสดงให้เห็นค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในช่วงเวลาซึ่งจะเริ่มจาก เริ่มเปิดระบบจนถึงเวลาที่ใช้งานได้คือสามารถผลิตน้ำเย็นได้ความเย็นตามที่ต้องการและผลิตน้ำร้อนซึ่งผ่านกระบวนการเพิ่มความร้อนขั้นต้นและต้มด้วยขดลวดความร้อนจนได้ความร้อน ตามที่ต้องการพร้อมที่จะใช้ในการดื่มได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดของฮีทเตอร์	เปอร์เซ็นต์ %
Hot Water Heater	90
Immersion Heater	80
Coffee Pot	75
Electronic Heater	60

ตารางที่ 5.2 แสดงประสิทธิภาพของขดลวดความร้อนแต่ละชนิด

กรณีไม่มีชุด พรีฮีท			กรณีใช้ชุดพรีฮีท		
อุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไป 28°C-90°C			อุณหภูมิน้ำที่เปลี่ยนไป 35°C-90°C		
เวลา(นาที)	กำลังงาน(Watt)	พลังงาน(Watt-h)	เวลา (นาที)	กำลังงาน(Watt)	พลังงาน(Watt-h)
15	750	187.5	13	750	162.5
			พลังงานที่ประหยัด		13.33%

ตารางที่ 5.3 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานที่ใช้ไปของ ฮีทเตอร์

จากตารางผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงพลังงานที่ใช้ของชุดขดลวดความร้อนในกรณีปกติ คือไม่มีชุดพรีฮีท กับ กรณีที่ใช้ชุดพรีฮีท ในกรณีที่ใช้ฮีทเตอร์ ขนาดเท่ากัน ซึ่งในการทดลองใช้ ฮีทเตอร์ ชนิด Hot Water Heater 670 Watt ประสิทธิภาพ 90 ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกรณีที่น้ำผ่านชุด พรีฮีท นั้นจะใช้เวลาในการต้มน้ำให้เดือดน้อยกว่ากรณีไม่มีชุดพรีฮีทซึ่งคิดเป็นสัดส่วนได้13.33 %

ทั้งนี้ในตารางการทดลองนี้แสดงให้เห็นเพียงแค่ สภาวะเริ่มแรกของการเดินระบบเท่านั้นแต่ในความเป็นจริงแล้ว เมื่อระบบเดินไปเรื่อย ๆ ชุดระบายความร้อนของระบบถ่ายเทออกมาทำให้ ชุดพรีฮีท มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งจะทำให้เวลาในการต้มน้ำให้เดือดน้อยลงนั้นก็แสดงว่า อัตราส่วนในการประหยัดพลังงานก็จะเพิ่มขึ้นอีก ซึ่งจะแสดงให้เห็นในตารางการทดลองต่อไป

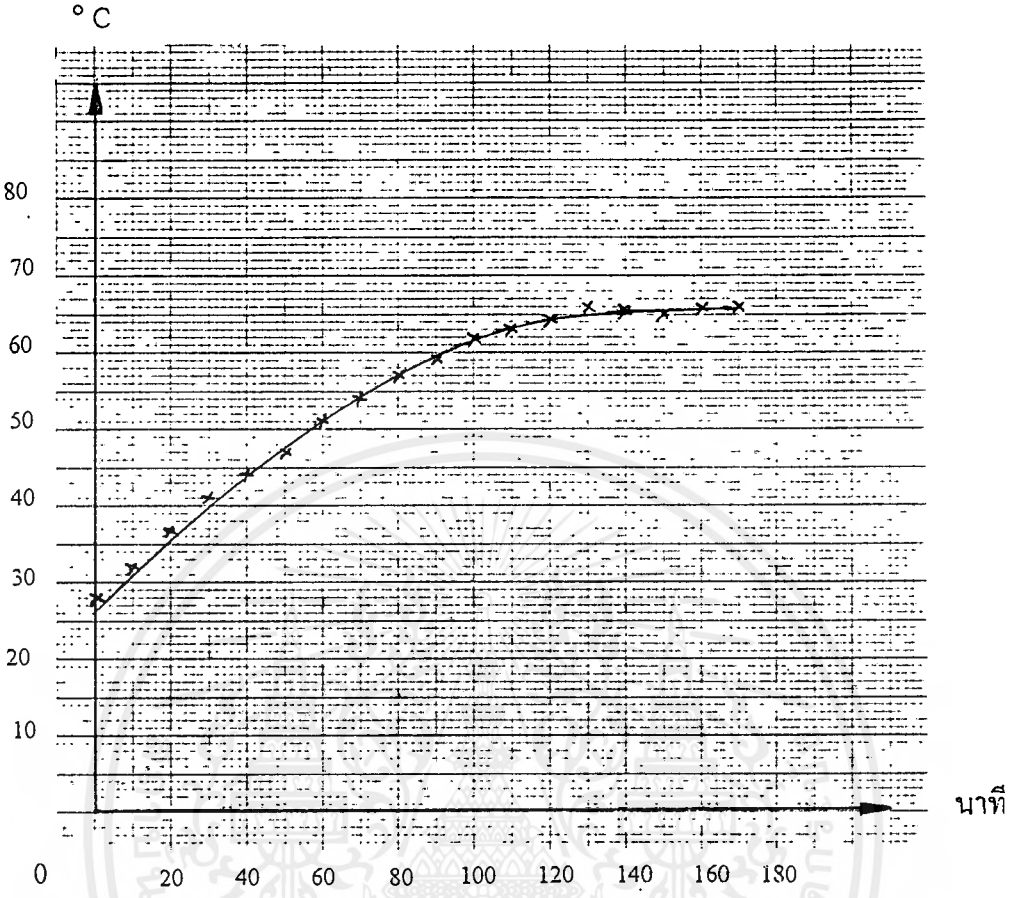
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะการทำงาน ครั้งที่มีการเติม	กรณีมีชุดพรีฮีท			กรณีไม่มีชุดพรีฮีท
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 1 = ครั้งที่ 2 = ครั้งที่ 3
เวลา (วินาที)	510	450	350	635
กำลังงาน (วัตต์)	750	750	750	750
พลังงาน (วัตต์-ช.ม.)	106.25	93.7	72.9	132.3
อัตราส่วนพลังงาน ที่ประหยัด %	19.69	29.17	44.89	-

ตารางที่ 5.4 แสดงการเปรียบเทียบพลังงานของ ฮีทเตอร์ หลังจากการใช้น้ำหมดทุก 30 นาที

จากตารางผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงกรณีที่มีการใช้น้ำร้อนหมดแล้วมีการเติมน้ำใหม่อีกครั้ง จะเห็นไอน้ำในถังพรีฮีท มีอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นมากกว่าตอนแรกซึ่งจะเห็นว่าจะประหยัดพลังงานในการต้มน้ำมากขึ้นดังแสดงในตาราง ซึ่งในกรณีที่ทดสอบนี้ สมมุติให้ว่ามีการใช้น้ำหมดภายใน 30 นาทีซึ่งในความเป็นจริงแล้วตรงส่วนนี้กำหนดไม่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 กราฟแสดงอุณหภูมิของพรีฮีท ที่เพิ่มขึ้นตามเวลา

จากกราฟแสดงให้เห็นถึง อุณหภูมิของน้ำในถัง พรีฮีท ที่เพิ่มขึ้น หลังจากที่เวลาผ่านไปจะเห็นว่าจะมีช่วงปลายอุณหภูมิจะค่อนข้างคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

หมายเหตุในการทดลองหาค่าอุณหภูมินี้จะทำการเดินคอมเพรสเซอร์ ตลอดเวลาเพื่อทดสอบสภาพเลวร้ายที่สุด คือ กรณีที่ไม่มีการใช้น้ำเลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์การประหยัดพลังงาน

คำนวณใช้พลังงานของขดลวดความร้อน (Heater) ในการผลิตน้ำร้อน

$$\text{ความต้องการพลังงาน} = \frac{1.16 \times W \times (T_2 - T_1)}{\eta} \quad \text{Wh} \qquad (5.1)$$

W ปริมาณน้ำ (ลิตร)

T1 อุณหภูมิน้ำเริ่มต้น ($^{\circ}$C)

T2 อุณหภูมิน้ำที่ต้องการ ($^{\circ}$C)

η ประสิทธิภาพของขดลวดความร้อน (%)

รายละเอียดของขดลวดความร้อนที่ใช้

- ขดลวดความร้อนแบบ Hot Water Heater
- ประสิทธิภาพของขดลวดความร้อน 90%
- ขนาดกำลังไฟฟ้าของขดลวดความร้อน 670 W
- ปริมาณน้ำที่ใช้ 2 ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณหาพลังงานที่ใช้ของ ฮีทเตอร์ ในการเปลี่ยนอุณหภูมิน้ำเปรียบเทียบระหว่างน้ำที่ผ่าน ชุด พรีฮีท กับน้ำที่ไม่ได้ผ่านชุด พรีฮีท

หาพลังงานที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิน้ำ จาก 28 (^{o}C) เป็น 90 (^{o}C) ปริมาณน้ำ 2 ลิตร

W = 2 ลิตร

Heater = 670 W

η = 90 %

T1 = 28 (^{o}C)

T2 = 90 (^{o}C)

พลังงานที่ต้องการ $= \frac{1.16 \times (2) \times (90-28)}{0.9}$ Wh

$= 159.82$ Wh

เวลาที่ใช้ $= \frac{(159.82Wh)}{670W}$

$= 0.238$ Hour

$= 0.238 \times 60$

$= 14.28$ นาที

หาพลังงานที่ใช้กรณีน้ำผ่านชุด พรีฮีท โดยใช้ปริมาณน้ำ และขดลวดขนาดเท่ากัน

T1 = 35 (^{o}C)

T2 = 90 (^{o}C)

พลังงานที่ต้องการ $= \frac{1.16 \times (2) \times (90-35)}{0.9}$ Wh

$= 141.78$ Wh

$= \frac{141.78\,Wh}{670\,W}$

$= 0.211$ Hour

$= 0.211 \times 60$

$= 12.66$ นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากข้อมูลที่ได้ทำการทดลองในตารางที่ 5.3 จะเห็นได้ว่ามีค่าที่ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณซึ่งจากการทดลองตารางที่ 5.3 ซึ่งเป็นพลังงานที่วัดได้ในกรณีที่เริ่มต้น เปิดระบบและมีการเพิ่มอุณหภูมิในช่างแรก

กรณีที่ไม่มี ชุด พรีฮีท วัดได้ 187.5 Wh

กรณีผ่านชุด พรีฮีท วัดได้ 162.5 Wh

$$\text{พลังงานที่ประหยัด} = \frac{187.5 - 162.5 \times 100\%}{187.5}$$

$$= 13.33\ \%$$

จากข้อมูลในตารางที่ 5.4 แสดงผลการทดลองกรณีที่มีการเติมน้ำ กรณีที่น้ำหมด ซึ่งสมมุติให้น้ำหมดภายใน 30 นาที แล้วมีการเติมน้ำใหม่ ซึ่งได้ทำการทดลองแล้วบันทึกค่า 3 ครั้ง เปรียบเทียบกับระบบที่ไม่มีการ พรีฮีท ซึ่งจะเติมน้ำอุณหภูมิปกติเข้าไป

ครั้งที่ 1

เติมน้ำที่ไม่ผ่านชุดพรีฮีท วัดได้	132.3 Wh
เติมน้ำที่ผ่านชุด พรีฮีท วัดได้	106.25 Wh

$$\text{พลังงานที่ประหยัด} = \frac{132.3 - 106.25 \times 100\%}{132.3}$$

$$= 19.69\ \%$$

ครั้งที่ 2

เติมน้ำที่ไม่ผ่านชุด พรีฮีท วัดได้	132.3 Wh
เติมน้ำที่ผ่านชุดพรีฮีท วัดได้	93.7 Wh

$$\text{พลังงานที่ประหยัด} = \frac{132.3 - 93.7 \times 100\%}{132.3}$$

$$= 29.17\ \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ 3

เติมน้ำที่ไม่ผ่านชุด พรีฮีท วัดได้ 132.3 Wh

เติมน้ำที่ผ่านชุด พรีฮีท วัดได้ 72.9 Wh

$$\text{พลังงานที่ประหยัดได้} = \frac{132.3 - 72.9 \times 100\%}{132.3}$$

$$= 44.89\ \%$$

รูปแบบการใช้พลังงานของฮีทเตอร์ ที่วิเคราะห์	พลังงานที่ประหยัด %
- กรณีผ่านชุด พรีฮีท ตอนเริ่มเปิดระบบ	13.33
- กรณีที่มีการเติมน้ำครั้งที่ 1	19.69
- กรณีทีมีการเติมน้ำครั้งที่ 2	29.17
- กรณีที่มีการเติมน้ำครั้งที่ 3	44.89

ตารางที่ 5.5 เปรียบเทียบอัตราส่วนพลังงานที่ประหยัดกรณีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำทางจุลชีววิทยาและทางกายภาพ

ตัวอย่างน้ำที่ ทำการตรวจวิเคราะห์	จุลินทรีย์ทั้งหมด (โคโลนี/มล)	จุลินทรีย์โคลิฟอร์ม (MPN / 100 มล)	จุลินทรีย์ฟีคัลโคลิฟอร์ม (MPN / 100 มล)	ค่า pH
ตัวอย่างน้ำที่ 1	720	140	-	7.8
ตัวอย่างน้ำที่ 2	200	260	-	7.8
ตัวอย่างน้ำที่ 3	-	-	-	8.4
ตัวอย่างน้ำที่ 4	-	-	-	8.3
ตัวอย่างน้ำที่ 5	-	-	-	8.85
ตัวอย่างน้ำที่ 6	-	-	-	8.85

หมายเหตุ

ตัวอย่างน้ำที่ 1 น้ำประปาก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 2 น้ำประปาก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 3 น้ำเย็นที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 4 น้ำเย็นที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 5 น้ำร้อนที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 6 น้ำร้อนที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

- หมายถึง ไม่พบจุลินทรีย์

ผู้ตรวจสอบ.....

(.....วันชัย ศรีนุ่น)

ตำแหน่ง.....อาจารย์ระดับ 6.....

วันที่ 6 เดือน มิ.ค. พ.ศ. 2541

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำทางจุลชีววิทยาและทางกายภาพ

ตัวอย่างน้ำที่ทำการตรวจวิเคราะห์	ผลการตรวจสอบ	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
ตัวอย่างน้ำที่ 1		✓*
ตัวอย่างน้ำที่ 2		✓*
ตัวอย่างน้ำที่ 3	✓	
ตัวอย่างน้ำที่ 4	✓	
ตัวอย่างน้ำที่ 5	✓	
ตัวอย่างน้ำที่ 6	✓	

* จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดและจุลินทรีย์โคลิฟอร์มเกินมาตรฐาน

หมายเหตุ

ตัวอย่างน้ำที่ 1 น้ำประปาก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 2 น้ำประปาก่อนเข้าเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 3 น้ำเย็นที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 4 น้ำเย็นที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 5 น้ำร้อนที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ตัวอย่างน้ำที่ 6 น้ำร้อนที่ได้จากเครื่องผลิตน้ำดื่ม

ผู้ตรวจสอบ.....

(นายวันชัย สุขรินุ่น)

ตำแหน่ง นักวิชาการ ระดับ 6

วันที่ 6 เดือน มี.ค. พ.ศ. 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทวิจารณ์และสรุป

เมื่อได้เห็นเครื่องผลิตน้ำเย็นและน้ำร้อนพร้อมฆ่าเชื้อโรคด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลต จึงเล็งเห็นคุณค่าเพราะมีความต้องการของบุคคลทั่วไปมากในทุกวันนี้ ซึ่ง project เก่า ทำไม่ค่อยสมบูรณ์แบบมากนัก จึงได้เกิดความคิดที่จะพัฒนาต่อไปให้ดียิ่งขึ้นโดยเน้นการประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น โดยให้มีการ พรีฮีท ให้มากยิ่งขึ้นกว่าเก่า โดยมีการเพิ่มระบบส่วน พรีฮีท ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในส่วนของการออกแบบเครื่องทำน้ำเย็นและน้ำร้อนนั้น แม้จะมีผู้ผลิตเครื่องออกมาจำหน่ายมากในทุกวันนี้แต่มักจะไม่ค่อยเผยแพร่รายละเอียดข้อมูลเทคนิค การออกแบบทำความเย็นมากนัก เนื่องจากการค้า ซึ่งเป็นอุปสรรคในการทำข้อมูลที่ได้ส่วนใหญ่ก็ได้จากหนังสือต่างประเทศ และหนังสือในประเทศ และข้อมูลในแขนงนี้ยังอยู่ในค่อนข้างจำกัด ส่วนข้อมูลรายละเอียดที่ได้จากหนังสือต่างประเทศก็ต้องนำมาแปล และประยุกต์ใช้เอง ซึ่งอาจจะมีการคาดเคลื่อนอยู่บ้างในความเป็นจริงของการใช้งาน เนื่องจากกลุ่มผู้ดำเนินการไม่มีประสบการณ์ในด้านนี้มากนัก จึงได้ขอคำปรึกษากับผู้มีประสบการณ์ ซึ่งเทคนิคการออกแบบที่ได้มักจะเป็นในรูปกว้าง ๆ เพราะติดทางด้านธุรกิจการค้า ซึ่งเป็นข้อมูลลับเฉพาะของแต่ละคน แต่ก็ได้พยายามนำข้อมูลทั้งหมดที่ได้กับความรู้ที่ได้ศึกษามาประกอบกัน ทำการออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องขึ้นมา จนผลที่ได้เป็นที่น่าพึงพอใจ

หลังจากที่ศึกษาในส่วนของ project 1 แล้ว เมื่อ project 2 ก็จึงได้ลงมือสร้างส่วนประกอบของเครื่องระบบต่าง ๆ เข้าด้วยกัน ตั้งแต่ ระบบชุดทำความเย็น และชุดถ่ายเทความร้อน , ชุดทำความร้อน, ชุดควบคุม, ชุดกรองและฆ่าเชื้อโรค และโครงสร้างของเครื่องต้นแบบ จนได้เครื่องต้นแบบที่มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม

ในส่วนของระบบถ่ายเทความร้อนจะมีปัญหามากเพราะแผงระบายความร้อนจะมีการขายในท้องตลาดเป็นขนาดตายตัว และรูปร่างไม่ตรงตามที่ต้องการ จึงได้มีการออกแบบใหม่ให้สอดคล้องกับระบบ โดยคิดหาขนาด และความยาว ของท่อทองแดงเพื่อนำมาทำเป็นแผงร้อนที่ตรงตามความต้องการซึ่งในส่วนนี้ จะทำให้เครื่องมีการทำงานที่คลาดเคลื่อนจากความเป็นจริงบ้าง ข้อมูลที่ได้ก็ค้นคว้าจากหนังสือต่างประเทศและในประเทศ ข้อมูลเทคนิคการออกแบบส่วนแผงร้อนจากผู้ผลิต มักจะไม่เปิดเผยเพราะลับเฉพาะดังที่กล่าวข้างต้น และข้อมูลในแขนงนี้ยังไม่กว้างมากนัก จึงได้คิดและทดลองทำขึ้นบวกกับความรู้ที่ได้ศึกษา จึงได้ผลจนเป็นที่น่าพอใจตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของการไหลของน้ำ จะมีปัญหาที่ถัง พรีฮีท โดยน้ำที่ไหลจะช้า เพราะจะมีแรงดัน drop ที่วาวล์ โซลินอยล์ และส่วนของท่อหลอดยูวี และบวกกับน้ำได้มีการพักในถัง พรีฮีท ทำให้แรงดันของน้ำที่ได้ลดลง จึงทำให้เวลาของการปล่อยน้ำเข้าถังน้ำร้อน ใช้เวลาค่อนข้างมากในเวลาเดินระบบเริ่มแรกใช้เวลาค่อนข้างนาน แต่ผลก็อยู่ในเกณฑ์ดีไม่ถึงกับช้ามาก

จากการประสบความสำเร็จอย่างดียิ่งในการนำออกแสดงงานนิทรรศฯ และในระหว่างการประกอบเครื่องก็มีผู้สนใจในตัวเครื่องมาก ซึ่งไม่เหมือนเครื่องที่ขายตามท้องตลาด และมีการประหยัดพลังงานมากขึ้น จนมีการติดต่อขอซื้อ และถามข้อมูลในส่วนนี้ เพื่อเป็นข้อมูลในทางการค้าขายต่อไปในภายภาคหน้า และบวกกับตัวเครื่องก็มีต้นทุนที่เพิ่มขึ้นในส่วนที่เพิ่มขึ้นมาไม่มากนัก ในส่วนของการประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ผลที่ได้คุ้มเกินค่า จึงเป็นที่น่าสนใจ เมื่อเทียบกับการซื้อน้ำดื่มสำเร็จรูปไว้บริโภค จึงคุ้มค่าต่อการลงทุนอย่างยิ่ง และนับว่าเป็นผลงานที่ประสบผลสำเร็จ และตรงตามเป้าหมายที่ต้องการไว้ทุกประการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ

สัญญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Q	รีฟีกเจอเรติ้ง เอฟเฟค (Refigerating effect)	(W/m^2)
q_r	ความร้อนที่ถ่ายเททิ้ง	(W/m2)
W_c	งานของคอมเพรสเซอร์	(J)
COP	ประสิทธิภาพการทำความเย็น	-
	ปริมาณการถ่ายเทความร้อน	(W/m^2)
h	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน	($W/(m^{2\,o}c)$)
p	ความหนาแน่นของของไหล	(kg/m^3)
V	ความเร็วของของไหล	(m/s)
D	เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อทองแดง	(m)
u	ความหนืดของของไหล	(kg/(m.s))
Re	เรย์โนลด์ นัมเบอร์	(W/m^2)
Q_{conv}	ปริมาณความร้อนจากการพาความร้อน	(W/m^2)
c_p	ค่าความจุความร้อนจำเพาะ	(kJ/ ($kg^{o}c$))
m	อัตราการไหลของของไหล	(kg/s)
m_r	อัตราการไหลของสารทำความเย็น	(kg/s)
L	ความยาวของท่อทองแดง	(m)
Pr	แพลงเดิล นัมเบอร์	-
Nu	นัสเซล นัมเบอร์	-
P	ความดัน	(N/m^2)
i	กระแสไฟฟ้า	(A)
T	อุณหภูมิ	(^{o}c)
H.R	อัตราส่วนการถ่ายเทความร้อนทิ้ง	-
Ra_D	เรย์โนลด์ นัมเบอร์ (การพาความร้อนแบบอิสระ)	-
B	ส่วนกลับของอุณหภูมิเฉลี่ย	(K^{-1})

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V	ความหนืดเชิงกล	(m^2/s)
g	ความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง	(m/s)
T_r	อุณหภูมิเฉลี่ยของสารทำความเย็น	(^oc)
T_w	อุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำ	(^oc)
T_r	อุณหภูมิเฉลี่ย ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของน้ำกับ อุณหภูมิเฉลี่ยของสารทำความเย็น	(^oc)
T_{mi}	อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหล ทั่วพื้นที่หน้าตัดของขาเข้า	(^oc)
T_{mo}	อุณหภูมิเฉลี่ยของของไหล ทั่วพื้นที่หน้าตัดของขาออก	(^oc)
T_i	อุณหภูมิสารทำความเย็นก่อนเข้าขดคอยล์ร้อน	(^oc)
T_o	อุณหภูมิสารทำความเย็นออกจากขดคอยล์ร้อน	(^oc)
Tc	อุณหภูมิควบแน่นที่คอนเดนเซอร์	(^oc)
k	ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity)	(W/m^oc)
U	สัมประสิทธิ์การถ่ายความร้อนรวม	($W/m^{2o}c$)
Um	ความเร็วเฉลี่ยของการไหล	(m/s)
LMTD	ความแตกต่างอุณหภูมิเฉลี่ย ของลอกกาลิมิต	(^oc)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงการแปลงหน่วย

ปริมาณ	สัญญลักษณ์	หน่วย		conversion factor	Reciprocal conversion conversion
		SI	อังกฤษ		
มวล (Mass)	M	kg	lb	0.4536	2.245
ความยาว (Length)	L	m	ft	0.3048	3.3808
แรง (Force)	F	n	lbf	0.4482	0.2248
เวลา (time)	t	s	h	1/3600	3600
ความร้อน (HEAT)	H	J	Etu	1055.06	9.4781×10^{-4}
อัตราการทำงาน (Power)	P	W	hp	745.69	1.341×10^{-3}
อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อน (Heat transfer rate)	Q	W	Btu/h	0.2931	3.4118
อัตราการเคลื่อนที่ของความร้อนต่อหน่วยพื้นที่ (Heat flux density)	q	W/m^2	Btu/hft^2	3.115	0.3169
สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (Heat transfer coefficient)	h,U	$W/m^2 K$	$Btu/hft^{2\,o}F$	5.678	0.1761
ค่าการนำความร้อน (Thermal conductivity)	k	W/mK	$Btu/hft^{2\,o}F$	1.731	0.5777
ความร้อนจำเพาะ (Specific heat)	c_p	J/kgk	$Btu/lb\,^oF$	4186.8	2.388×10^{-4}
ความหนาแน่น (Density)	p	kg/m^3	lb/ft^3	16.0185	0.06243
ความหนืด (Viscosity)	u	kg/ms	lb/fth	4.134×10^{-4}	2.4189×10^3
ความดัน (Pressure)	P	N/m^2	lbf/in^2	6.8948 x 10	1.4503×10^{-4}

หมายเหตุ คูณค่าในหน่วยอังกฤษด้วย conversion factor เพื่อจะให้ได้ค่าในหน่วย SI และคูณค่าในหน่วย SI ด้วย Reciprocal conversion factor เพื่อจะให้ได้ค่าในหน่วยอังกฤษ

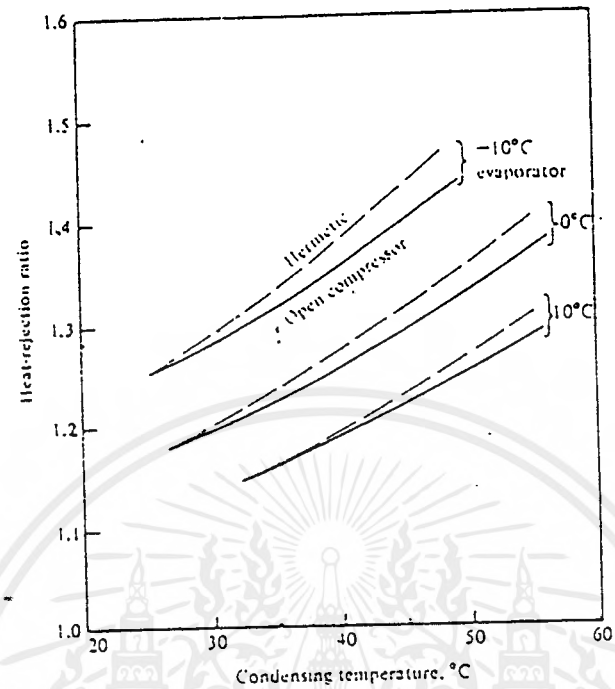
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางแสดงคุณสมบัติของสารทำความเย็น R-12 และ น้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

t, C	ρ, $\frac{kg}{m^3}$	c_p, $\frac{kJ}{kg \cdot °C}$	ν, $\frac{m^2}{s}$	k, $\frac{W}{m \cdot K}$	α, $\frac{m^2}{s} \times 10^7$	Pr	β, K^{-1}
Dichlorodifluoromethane (Freon-12), CCl_2F_2							
−50	1,546.75	0.8750	0.310×10^{-6}	0.067	0.501	6.2	2.63×10^{-3}
−40	1,518.71	0.8847	0.279	0.069	0.514	5.4	
−30	1,489.56	0.8956	0.253	0.069	0.526	4.8	
−20	1,460.57	0.9073	0.235	0.071	0.539	4.4	
−10	1,429.49	0.9203	0.221	0.073	0.550	4.0	
0	1,397.45	0.9345	0.214	0.073	0.557	3.8	
10	1,364.30	0.9496	0.203	0.073	0.560	3.6	
20	1,330.18	0.9659	0.198	0.073	0.560	3.5	
30	1,295.10	0.9835	0.194	0.071	0.560	3.5	
40	1,257.13	1.0019	0.191	0.069	0.555	3.5	
50	1,215.96	1.0216	0.190	0.067	0.545	3.5	
Water, H_2O							
0	1,002.28	4.2178	1.788×10^{-6}	0.552	1.308	13.6	
20	1,000.52	4.1818	1.006	0.597	1.430	7.02	0.18×10^{-3}
40	994.59	4.1784	0.658	0.628	1.512	4.34	
60	985.46	4.1843	0.478	0.651	1.554	3.02	
80	974.08	4.1964	0.364	0.668	1.636	2.22	
100	960.63	4.2161	0.294	0.680	1.680	1.74	
120	945.25	4.250	0.247	0.685	1.708	1.446	
140	928.27	4.283	0.214	0.684	1.724	1.241	
160	909.69	4.342	0.190	0.680	1.729	1.099	
180	889.03	4.417	0.173	0.675	1.724	1.004	
200	866.76	4.505	0.160	0.665	1.706	0.937	
220	842.41	4.610	0.150	0.652	1.680	0.891	
240	815.66	4.756	0.143	0.635	1.639	0.871	
260	785.87	4.949	0.137	0.611	1.577	0.874	
280.6	752.55	5.208	0.135	0.580	1.481	0.910	
300	714.26	5.728	0.135	0.540	1.324	1.019	

From E. R. G. Eckert and R. M. Drake, *Analysis of Heat Mass Transfer*, McGraw-Hill, New York, 1972.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟแสดงค่าของ Heat reject ratio

Ra_D	C	n
10^{-10}-10^{-2}	0.675	0.058
10^{-2}- 10^{2}	1.02	0.148
10^{2}- 10^{4}	0.850	0.188
10^{4}- 10^{7}	0.480	0.250
10^{7}- 10^{12}	0.125	0.333

ตารางแสดงค่า c และ n สำหรับการพาความร้อนแบบอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี มิได้ ถ้าหากขาดผู้มีรายนาม ดังต่อไปนี้

- คุณพ่อ และคุณแม่ที่อุปการะเลี้ยงดูตลอดมา
- ผศ. ประภาษ ไพรสุวรรณา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ทำให้โครงงานนี้เกิดขึ้น และคอยชี้แนะนำให้คำปรึกษา เมื่อเกิดปัญหาในการทำงานขึ้น จนสำเร็จลุล่วงและบรรลุตามเป้าหมายที่ตั้งไว้
- อ. อนุวัฒน์ จางวนิชเลิศ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่คอยให้คำปรึกษาเรื่อยมา
- อ. วันชัย สุทธินุ่น อาจารย์ภาควิชาชีวะวิทยา ที่ช่วยในการตรวจสอบคุณภาพน้ำ
- ร้านพินิจการช่าง ที่คอยเอื้อเฟื้อสถานที่ทำงาน และอำนวยความสะดวกในด้านเครื่องมือเครื่องใช้ในการทำเครื่องต้นแบบขึ้น และคอยให้คำปรึกษาเรื่อยมา
- เจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่คอยอำนวยความสะดวกในการยืมเครื่องวัดไฟฟ้า เครื่องมือในระหว่างการทำงาน
- บริษัท ซิลวาเนีย (ประเทศไทย) จำกัด ให้ความอนุเคราะห์ในด้านข้อมูลต่าง ๆ ของแสงอุลตร้าไวโอเลต และหลอดอุลตร้าไวโอเลต
- บริษัท ทรีท เคมิคอล จำกัด ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลทางด้านน้ำ
- เจ้าหน้าที่สำนักงานคณะกรรมการอาหาร และยา กระทรวงสาธารณสุข ที่ให้ความอนุเคราะห์ ข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับ คุณภาพของน้ำเป็นอย่างดียิ่ง
- กลุ่มผู้ดำเนินงาน project เก่า ซึ่งคอยให้ข้อมูลต่าง ๆ เรื่อยมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] ชัยสวัสดิ์ เทียนวิบูลย์, "การทำความเย็นและการปรับอากาศ", พิมพ์ครั้งที่ 1 โรงพิมพ์ ก. วิวรรธน์ , 2518

[2] นักสิทธิ์ คูวัฒนาชัย ," การถ่ายเทความร้อน " , พิมพ์ครั้งที่ 3 โรงพิมพ์งานโสตทัศนูปกรณ์, 2535

[3] อัครเดช สินธุภัค, " การทำความเย็น ", ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2533

[4] บรรเลง ศรนิล , "พื้นฐานเครื่องทำความเย็น", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 2527

[5] สนอง อิ่มเอม, "เครื่องทำความเย็นและปรับอากาศรถยนต์", อัมรินทร์พริ้นติ้งกรุ๊ป , 2532

[6] M. Necati Ozisik ," Heat Transfer A Basic Approach " , International Edition, Mc Graw-Hill, New York, 1985

[7] Wilbert F. Stoecker and Jerold .W. Jones, " Refrigeration and Airconditioning ", Second Edition, Mc Graw - Hill ,New York, 1982

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้