



งานวิจัยเรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาคุณสมบัติของ  
สารทำความเย็นผสม

The Development of Mathematical Model Using for Determined  
the Properties of Refrigerant Mixture.

โดย นายวิโรจน์ ฤทธิทอง และ นายปฏิภาณ ถิ่นพระบาท

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

วิทยาเขตพระนครเหนือ

งานห้องสมุดกลางนครินทร์
นักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ
วันที่..... - 5 ส.ค. 2552
เลขทะเบียน..... 000132
เลขหมู่..... 33

๖๖1๒๐

## โครงการวิจัยเรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาคุณสมบัติของสาร  
 ทำความเย็นผสม

The Development of Mathematical Model Using for Determined the Properties  
 of Refrigerant Mixture.

ผู้วิจัย นายวิโรจน์ ฤทธิ์ทอง และ นายปฏิภาณ ถิ่นพระบาท

## อาจารย์ประจำ

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ

## ทุน

โครงการวิจัยนี้ได้รับจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย จาก  
 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ  
 ประจำปีงบประมาณ 2548 งบประมาณ 80,000 บาท  
 ระยะเวลาวิจัย 1 ปี

## บทคัดย่อ

จากผลการศึกษาสารผสมของ R22/R152a/R124 ซึ่งมีการเสนอให้ใช้ทดแทนสาร R12 ใน  
 ระบบทำความเย็นงานวิจัยนี้ได้พัฒนาวิธีการหาคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ ที่มีสัดส่วนต่าง ๆ  
 กันอย่างง่าย ๆ โดยใช้กฎของเราท์และดอลตันช่วยในการวิเคราะห์ และเมื่อใช้ทดสอบกับสัดส่วน  
 ค่าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด ได้แก่ MP39 (R22/R152a/R124 53/13/34) MP52  
 (R22/R152a/R124 33/15/52) และ MP66 (R22/R152a/R124 61/11/28) พบว่าใกล้เคียงมากกับ  
 ค่าที่แสดงโดยบริษัทผู้ผลิต โดยมีข้อผิดพลาดไม่เกิน 5%

นอกจากนี้ยังได้ขยายผลการศึกษา ไปใช้กับสารผสมของ R32/R125/R134a ซึ่งใช้แทน  
 R22 ซึ่งเมื่อเทียบผลการคำนวณที่ได้กับสัดส่วนที่มีจำหน่ายในท้องตลาด SUVA 9000  
 (R32/R125/R134a 23/25/52) พบว่าให้ผลใกล้เคียงมาก โดยมีข้อผิดพลาดไม่เกิน 3%

ในงานวิจัยยังได้จัดทำไดอะแกรมคุณสมบัติของสารผสมข้างต้นที่สัดส่วนต่าง ๆ เพื่อให้  
 สามารถนำไปใช้งานได้สะดวกในภาคสนาม

## Abstract

Blends of R22/R152a/R124 have been proposed to replace R12 in refrigeration systems. In this research work, a technique to simply evaluate thermodynamic properties of refrigerant mixtures has been developed from Raoult's Law. The method has been approached to evaluate the properties of the refrigerant blends available in the market such as MP39 (R22/R152a/R124 53/13/34), MP52 (R22/R152a/R124 33/15/152) and MP66 (R22/R152a/R124 61 11/28). The results agree well with those given by the manufacture within 5% error.

The method has also been used to evaluate the properties of the R32/R125/R134a blend which is an alternative of R22. The calculated results of the SUVA 9000 (R32/R125/R134a23/25/52) refrigerant agree well with those given from the manufacture with in 3% error.

The thermodynamic property diagrams of these refrigerant blends are also proposed.



### กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร วิทยาเขตพระนครเหนือ ในการจัดสรรทุนอุดหนุนการวิจัย ประจำปีงบประมาณ 2548 เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในโครงการนี้ และขอขอบคุณ ศ.ดร.ทงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์ ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะต่างๆ รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องในการช่วยวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้งานวิจัยนี้สมบูรณ์



## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	1
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	2
กิตติกรรมประกาศ	3
สารบัญ	4
รายการตาราง	5
รายการรูปประกอบ	6
รายการสัญลักษณ์	7
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	8
1.1 สารทำความเย็นในระบบ	8
1.2 งานวิจัยของระบบที่ใช้สารทำความเย็นผสม	8
1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	11
1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา	11
<b>บทที่ 2 การหาคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารผสม</b>	12
2.1 สมมติฐานในการหาคุณสมบัติของสารผสม	12
2.2 การหาคุณสมบัติ	12
<b>บทที่ 3 ผลการคำนวณคุณสมบัติของสารผสม</b>	16
3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติ	16
3.2 ไดอะแกรมคุณสมบัติของสารผสม	16
<b>บทที่ 4 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ</b>	37
เอกสารอ้างอิง	38
ภาคผนวก	39

## รายการตาราง

ตาราง		หน้า
1	ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติจากวิธีที่คำนวณเทียบกับค่าที่ได้ จากผู้ผลิตของสาร R22/R152a/R124	17
2	ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติสาร SUVA 9000 จากวิธีที่คำนวณเทียบกับ ค่าที่ได้จากผู้ผลิต	20
ภาคผนวก ค	ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสม	47



## รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
1.1	ลักษณะการกระจายอุณหภูมิของของไหล ในคอนเดนเซอร์และอีแวปอเรเตอร์	9
1.2	อัตราส่วนความดันของคอนเดนเซอร์ต่ออีแวปอเรเตอร์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ของ R114/R22	10
1.3	COP ของฮีตปั๊มที่ค่าอัตราส่วนต่าง ๆ ของสารผสม R114/R22	10
3.1	P-h diagram ของสารผสม R22/R152a/R124	22
3.2	P-h diagram ของสารผสม R33/R125a/R134a	33



### รายการสัญลักษณ์

P	=	ความดัน
n	=	จำนวนโมล
m	=	มวล
M	=	มวลโมเลกุล
x	=	สัดส่วนโดยมวล
X	=	สัดส่วนโดยโมลของไอสารผสม
Y	=	สัดส่วนโดยโมลของไอสารผสม
h	=	specific enthalpy (kJ/kg) เอนทัลปีจำเพาะ
s	=	specific enthalpy (kJ/kg) เอนโทรปีจำเพาะ
T	=	อุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )

### อักษรย่อท้าย

i	=	สาร i
l	=	ของเหลวอิ่มตัว
s	=	ไออิ่มตัว

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 สารทำความเย็นในระบบทำความเย็น

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอเป็นระบบที่มีมานานแล้วได้มีการพัฒนา และปรับปรุงการใช้ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น และยังคงพัฒนาขึ้นมาเรื่อย ๆ เพื่อให้ประโยชน์ทั้งในการใช้เป็นระบบปรับอากาศเพื่อความสะอาดสบายของผู้อยู่อาศัยและพัฒนาในเชิงธุรกิจ ส่วนในภาคอุตสาหกรรมยังได้นำระบบทำความเย็นไปใช้ประโยชน์ต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมห้องเย็น การทำไอศกรีม เป็นต้น

ในระบบทำความเย็นแบบกำลังอัดนั้น มีการใช้สารทำความเย็นจำพวกสารคลอไรด์ฟลูออโรคาร์บอน (CFCs) ซึ่งสารจำพวก CFCs นั้น จะมีผลกระทบต่อสภาพบรรยากาศของโลก กล่าวคือสารจำพวก CFCs นี้เมื่อมีการรั่วไหลจะไปทำลายโอโซนในชั้นบรรยากาศ [1] ทำให้รังสีอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่ส่องมาจากดวงอาทิตย์จะส่งผ่านมายังโลกโดยตรง และมีผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลกจึงได้มีการพัฒนาระบบทำความเย็นโดยการใช้สารทำความเย็น ที่ไม่มีสารประเภทคลอไรด์ฟลูออโรคาร์บอน (non-CFCs) ขึ้นมาทดแทนการใช้สารจำพวก CFCs

เมื่อเร็ว ๆ นี้ได้มีการนำสาร R134a มาใช้ในเชิงพาณิชย์ เพื่อมาทดแทนสาร R12 ในระบบทำความเย็นขนาดเล็กเช่น ระบบทำความเย็นในรถยนต์ ซึ่งสาร R134a จะไม่มีค่าการทำลายโอโซนแต่จะมีค่าความดันไอใกล้เคียงกับสาร R12 [2] แต่สาร R134a จะมีปัญหาเกี่ยวกับน้ำมันหล่อลื่นที่นำมาใช้ซึ่งมีราคาค่อนข้างสูง และระบบต้องเปลี่ยนคอมเพรสเซอร์ตัวใหม่

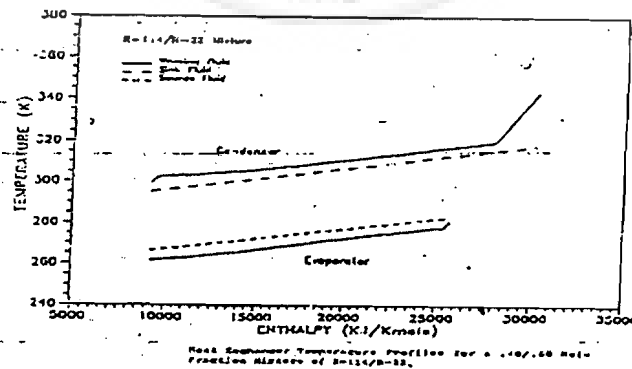
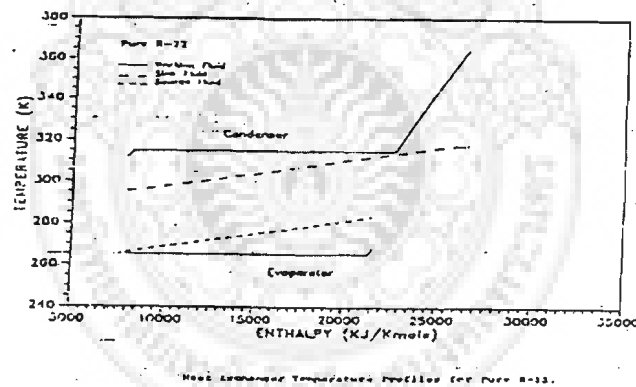
สารทำงานอีกประเภทหนึ่งที่มีการวิจัยเพื่อนำมาใช้ในระบบทำความเย็นคือ การใช้สารทำความเย็นหลาย ๆ ตัวมารวมกันเป็นสารเดี่ยวที่เรียกว่า การใช้สารทำความเย็นผสม (Refrigerant blends) แบบ non - azeotropic ซึ่งสารดังกล่าวจะเป็นการผสมกันระหว่างสารทำความเย็น 2 ชนิดหรือมากกว่านั้น โดยที่อุณหภูมิจุดเดือดและจุดควบแน่นแตกต่างกัน และอีกประการหนึ่งก็คือสามารถเลือกสารทำงานมาผสมกัน โดยทำให้สภาพการทำลายโอโซนลดต่ำลงได้ และเมื่อเกิดการรั่วไหลจะได้ไม่เกิดอันตรายต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม

## 1.2 งานวิจัยของระบบที่ใช้สารทำความเย็นผสม

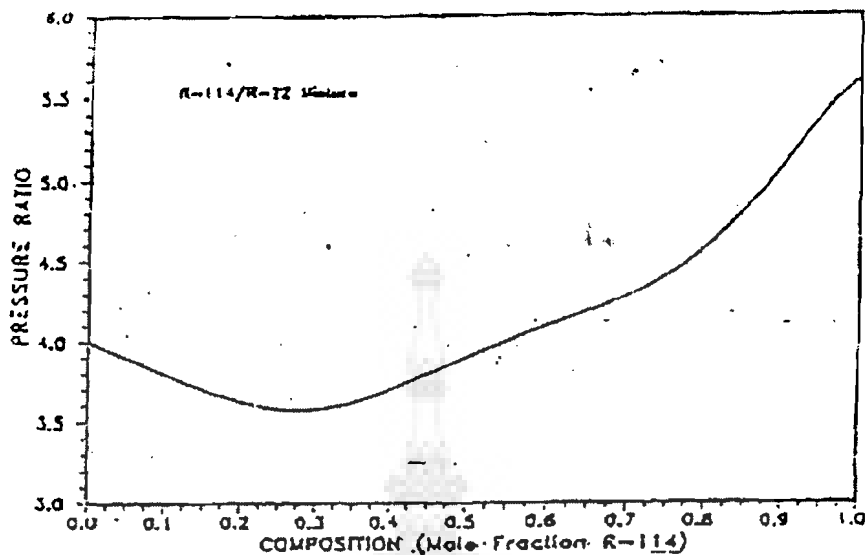
ได้มีผู้ศึกษาสมรรถนะของระบบฮีทปั๊ม และระบบทำความเย็น เมื่อใช้สารทำงานผสม (Refrigerant blends) แบบ non – azeotropic และสารทำงานเพียงตัวเดียว [3, 4, 5] ซึ่งพบว่าที่สัดส่วนผสมบางค่าของสารทำงาน ให้สมรรถนะสูงกว่าเมื่อใช้สารทำงานตัวเดียว

รูปที่ 1.1 แสดงลักษณะการกระจายอุณหภูมิในคอนเดนเซอร์ และอีแวปโปเรเตอร์ ของระบบทำความเย็น เมื่อเป็นสารทำงานเพียงตัวเดียวคือ R22 เทียบกับสารทำงานคู่ผสมคือ R22/R114 [3] โดยคอนเดนเซอร์จะมีค่าความเย็นยิ่งยวด (Subcooling)  $3^{\circ}\text{C}$  ตามลำดับ และคอมเพรสเซอร์จะมีประสิทธิภาพไอเซนทรอปิก (Isentropic efficiency) 65%

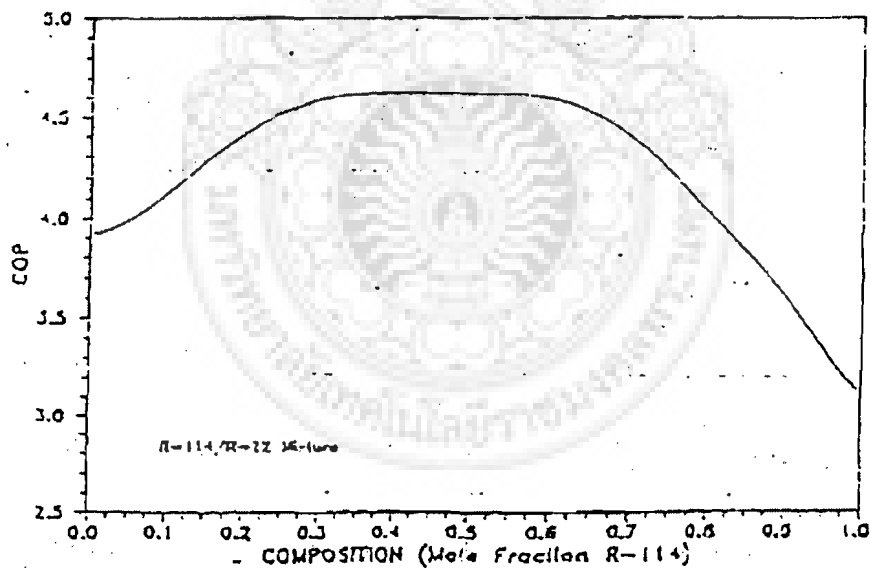
รูปที่ 1.2 แสดงค่าอัตราส่วนความดันคอนเดนเซอร์ต่อความดันอีแวปโปเรเตอร์ ที่ค่าสัดส่วนต่าง ๆ ของสารคู่ผสม จากรูปจะเห็นได้ว่าที่อัตราผสมของสารคู่ผสมบางค่า จะทำให้อัตราส่วนความดันน้อยกว่าเมื่อใช้สาร R22 เพียงอย่างเดียว และทำให้ค่า COP มีค่าสูง เมื่อใช้ R22 เพียงอย่างเดียวดังแสดงในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.1 ลักษณะการกระจายอุณหภูมิของของไหลในคอนเดนเซอร์และอีแวปโปเรเตอร์



รูปที่ 1.2 อัตราส่วนความดันของคอนเดนเซอร์ต่ออีแวปอเรเตอร์ที่อัตราส่วนต่าง ๆ ของ R114/R22



รูปที่ 1.3 COP ของฮีทปั๊มที่ค่าอัตราส่วนต่าง ๆ ของสารผสม R114/R22

ในประเทศได้มีผู้ศึกษาสมรรถนะของระบบทำความเย็น ที่ใช้สารทำงานผสม ซึ่งเป็นสารผสมของ R22, R152a และ R124 [6] โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของระบบฮีทปั๊ม เมื่อใช้สารทำงานผสมดังกล่าว เทียบกับระบบทดสอบจริงเมื่อใช้สารทำงานที่สัดส่วนต่าง ๆ จาก

การศึกษาพบว่าอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมอยู่ในช่วงที่ R22 อยู่ระหว่าง 20-40% โดยมวล ซึ่งจะทำให้ COP มีค่าสูงสุด โดยที่ความดันในคอนเดนเซอร์ไม่สูงมาก และมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้ R12 หรือ R22 เพียงอย่างเดียว

จากงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วจะเป็นการใช้สารทำความเย็นผสมมีศักยภาพค่อนข้างสูงในการนำมาทดแทนสาร CFCs แต่เนื่องจากข้อมูลทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารผสมชนิดต่าง ๆ มีค่าค่อนข้างจำกัด มีข้อมูลที่สัดส่วนผสมบางค่าเท่านั้น และค่าเหล่านั้นต้องใช้ข้อมูลบางตัวที่ได้จากการทดสอบจริง ในงานวิจัยนี้จึงศึกษาวิธีการหาคุณสมบัติต่าง ๆ ทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำความเย็นผสม ที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ โดยใช้วิธีการที่ไม่ซับซ้อน ซึ่งจะช่วยให้สามารถหาคุณสมบัติที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ ได้

### 1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

ศึกษาวิธีการคำนวณหาคุณสมบัติของเทอร์โมไดนามิกส์ โดยใช้วิธีการและสมการที่ไม่ยุ่งยาก ของสารผสม R22/R152a/R124 ซึ่งเป็นสารทดแทน R12 และสารผสม R32/R152/R134a ซึ่งเป็นสารทดแทน R22 ที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ

### 1.4 ประโยชน์ที่ได้จากการศึกษา

วิธีการข้างต้นสามารถนำไปคำนวณคุณสมบัติของสารผสม ที่สัดส่วนต่าง ๆ เมื่อไปใช้ในระบบทำความเย็น หรือฮีตปั๊ม ซึ่งจะช่วยในการหาสมรรถนะของวงจรดังกล่าว

## บทที่ 2

### การหาคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารผสม

#### 2.1 สมมุติฐานในการหาคุณสมบัติของสารผสม

ในกรณีของสารทำความเย็นเมื่อมาผสมกัน เพื่อให้การวิเคราะห์หาคุณสมบัติของสารผสมไม่ยุ่งยาก จะมีคุณสมบัติฐานดังนี้

- ก. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมีของสารที่นำมาผสม
- ข. ไม่มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร เมื่อนำมาผสมกัน ไม่ว่าจะอยู่ในเฟส (phase) ของไอหรือของเหลว
- ค. ไม่มีการเปลี่ยนเฟสโครงสร้างหรือการรวมตัว ในโมเลกุล (molecular aggregation)
- ง. ในกรณีสภาพของไอ จะดำเนินคุณสมบัติเช่นเดียวกับ แก๊สสมบูรณ์ (perfect gas)

#### 2.2 การหาคุณสมบัติของสารผสม

คุณสมบัติของสารผสม ที่ใช้ในการวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของวงจรทำความเย็นหรือฮีตปั๊ม คือ ค่าเอนทัลปีจำเพาะ (specific entropy)  $h$  และ เอนโทรปีจำเพาะ (specific entropy)  $s$  ซึ่งในรายงานฉบับนี้จะแสดงวิธีการหาคุณสมบัติเหล่านี้ เมื่อสารผสมอยู่ในเฟสต่าง ๆ ได้แก่ เฟสของเหลว (liquid phase) ขณะที่อยู่ในเฟสผสมระหว่างของเหลวอิ่มตัวไปยังไออิ่มตัว และในเฟสที่สารผสมอยู่ในสภาพไอดง (Superheated) ซึ่งเกิดขึ้นที่ความดันและอุณหภูมิต่าง ๆ

จากคุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ของสารทำความเย็น ส่วนใหญ่จะพบว่าคุณสมบัติในสภาพของเหลว จะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่อยู่ในสภาพของเหลวอิ่มตัว ค่าความดันจะไม่ค่อยมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติต่าง ๆ นั่นคือค่าเอนทัลปีและเอนโทรปี ของสารผสมในสภาพของเหลวสามารถคำนวณโดย

$$h = \sum h_{ii}; s = \sum s_{ii} \quad (2.1)$$

$h_{ii}$  และ  $s_{ii}$  คือ ค่าเอนทัลปีจำเพาะและเอนทัลปีจำเพาะของสาร  $i$  ที่สภาพของเหลวอิ่มตัว ที่อุณหภูมิสารผสม

ในกรณีที่กำหนดเพียงค่าความดันรวมของสารผสมที่อยู่ในสภาพของเหลวค่าความดันรวมที่กระทำต่อของเหลว คือค่าความดันของส่วนที่เป็นไอที่อยู่เหนือของเหลว และค่าความดันย่อยของไอสารแต่ละตัว ที่อยู่เหนือผิวของเหลวสามารถคำนวณ จากกฎของเรอท์ (Raoult's Law) โดย

$$P_i = X_i P_{is} \quad (2.2)$$

$X_i$  คืออัตราส่วนโดยโมลของสาร  $i$  ในของเหลวผสม และ  $P_{is}$  คือ ความดันย่อยของสาร  $i$  ที่สภาพไออิ่มตัว และความดันรวมของไอที่อยู่เหนือผิวของเหลว คำนวณจากกฎของดอลตัน (Dalton's Law) โดย

$$P = \sum P_i; \frac{P_i}{P} = \frac{n_i}{n} \quad (2.3)$$

เมื่อ  $n$  และ  $n_i$  คือจำนวนโมลของไอสารผสมและไอสาร  $i$  แต่ละตัว

นั่นคือ

$$p = \sum X_i P_{is} \quad (2.4)$$

**กรณีของเหลวอิ่มตัว**

ในกรณีที่สารอยู่ในสภาพของเหลวทั้งหมดหรือเป็นของเหลวอิ่มตัว

$$X_i = \frac{\sum x_i / M_i}{\sum (x_i / M_i)}$$

$x_i$  คืออัตราส่วนโมลมวลของสาร  $i$  ในสารผสมทั้งหมด และ  $M_i$  คือน้ำหนักโมเลกุลของสาร  $i$  ในสภาพที่สารผสมเป็นของเหลวล้วนหรือเป็นของเหลวอิ่มตัว

$$p = \sum \left[ \frac{(x_i / M_i) P_{is}}{\sum (x_i / M_i)} \right] \quad (2.5)$$

กรณีสารผสม 3 สาร ในสภาพของเหลวล้วน หรือของเหลวอิมิตัวจากสมการ (2.5)

$$p = \frac{x_1 / M_1}{\sum (x_i / M_i)} P_{1s} + \frac{x_2 / M_2}{\sum (x_i / M_i)} P_{2s} + \frac{x_3 / M_3}{\sum (x_i / M_i)} P_{3s}$$

ในกรณีที่สารอยู่ในสภาพของเหลวล้วน หรือของเหลวอิมิตัว เมื่อทราบค่าความดันรวม การหาคุณสมบัติของสารย่อยแต่ละตัวสามารถประเมินได้ โดยการสมมุติค่าอุณหภูมิ ซึ่งที่ค่าอุณหภูมิแต่ละค่าจะสามารถกำหนดค่าความดันย่อยของสารแต่ละตัว  $P_{is}$  ได้ จากนั้นทำการลองผิด - ลองถูก (Trials and Errors) โดยแทนค่า  $P_{is}$  ลงไปเทอมทางขวามือของสมการ (2.5) จนได้ผลเท่ากับค่าความดันรวม จากนั้นค่าอุณหภูมิที่ได้ก็สามารถนำไปกำหนดค่า  $h_i$  และ  $s_i$  ของสารแต่ละตัว และมาคำนวณคุณสมบัติของสารผสมตามสมการ (2.1)

### การไออิมิตัว

จากกฎของเรห์ และกฎของดอลตัน

$$P_i = X_i P_{is}; P = \sum P_i$$

กรณีสาร 3 ตัว

$$P = X_1 P_{1s} + X_2 P_{2s} + X_3 P_{3s}; X_1 + X_2 + X_3 = 1 \quad \text{จะได้}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{P} &= \frac{X_1 + X_2 + X_3}{P} = \frac{X_1}{P} + \frac{X_2}{P} + \frac{X_3}{P} \\ &= \frac{X_1 n_1}{n_1 P} + \frac{X_2 n_2}{n_2 P} + \frac{X_3 n_3}{n_3 P} \\ &= \frac{P_1 n_1}{n_1 P_{1s}} P + \frac{P_2 n_2}{n_2 P_{2s}} P + \frac{P_3 n_3}{n_3 P_{3s}} P \\ &= \left( \frac{n_1}{P_{1s}} \times \frac{P_1}{n_1 P} \right) + \left( \frac{n_2}{P_{2s}} \times \frac{P_2}{n_2 P} \right) + \left( \frac{n_3}{P_{3s}} \times \frac{P_3}{n_3 P} \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \left( \frac{n_1}{n} \times \frac{1}{P_{1s}} \right) + \left( \frac{n_2}{n} \times \frac{1}{P_{2s}} \right) + \left( \frac{n_3}{n} \times \frac{1}{P_{3s}} \right) \\
&= \frac{\left[ \frac{x_1/M_1}{P_{1s}} + \frac{x_2/M_2}{P_{2s}} + \frac{x_3/M_3}{P_{3s}} \right]}{\sum (x_i/M_i)}
\end{aligned}$$

นั่นคือ

$$P = \frac{\sum (x_i/M_i)}{\left[ \frac{x_1/M_1}{P_{1s}} + \frac{x_2/M_2}{P_{2s}} + \frac{x_3/M_3}{P_{3s}} \right]} \quad (2.6)$$

กรณีที่เป็นไอเอ็มตัวทั้งหมด  $x_i$  คือ สัดส่วนโดยมวลของสาร  $i$  ในสารผสมที่เป็นไอทั้งหมด จากค่าความดันรวมที่วัดได้ จะทำการสมมติอุณหภูมิของสารผสม ซึ่งจะเป็นอุณหภูมิไอเอ็มตัว และหาค่าความดันไอเอ็มตัวของสารแต่ละตัวที่อุณหภูมิดังกล่าว และแทนค่าเทอมทางขวามือในสมการ (2.6) ซึ่งจะสมมติอุณหภูมิไปเรื่อย ๆ จนเทอมทางขวาเท่ากับค่าความดันรวมที่วัดได้ ซึ่งเป็นเทอมทางซ้ายมือ และค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ของ  $h_i$  และ  $s_i$  ของสารแต่ละตัว จะพิจารณาจากคุณสมบัติของสารแต่ละตัวที่อุณหภูมิต่างกัน และความดันไอเอ็มตัวที่คำนวณได้ และนำไปคำนวณหา  $h$  และ  $s$  รวมต่อไป

### กรณีไอင

ในกรณีไอင ค่าความดันย่อยของสารแต่ละตัวจะหาจากสมการของดอลตัน และเมื่อกำหนดอุณหภูมิสามารถหาค่าคุณสมบัติ  $h_i$  และ  $s_i$  จากความดันย่อยและอุณหภูมิที่กำหนดได้ เพื่อไปหาค่า  $h$  และ  $s$  รวม

### บทที่ 3

#### ผลการคำนวณหาคุณสมบัติของสารผสม

##### 3.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติ

จากวิธีการหาคุณสมบัติของสารความเย็นผสม ดังที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ในบทที่จะได้ ทำการใช้วิธีการดังกล่าวมาจากคุณสมบัติได้แก่ เอนทัลปีจำเพาะ และเอนโทรปีจำเพาะของสารผสม R22/R152a/R124 ซึ่งเป็นสัดส่วนผสมที่ใช้นแทน R12 และ R32/R125/R134a ซึ่งเป็นสารทดแทน R22 ผลที่ได้นำไปเปรียบเทียบกับคุณสมบัติที่ได้จากผู้ผลิตที่อัตราส่วนผสมบางค่า

ตารางที่ 1 แสดงผลการเปรียบเทียบค่าของเอนทัลปีจำเพาะ และเอนโทรปีจำเพาะของสารผสม R22/R152a/R124 ที่สัดส่วนผสม 53/13/34 (MP39), 33/15/52 (MP52) และ 61/11/28 (MP66) โดยน้ำหนัก และเทียบกับค่าที่ได้จากบริษัทผู้ผลิต พบว่าผลที่ได้มีค่าใกล้เคียงกัน ทั้งในสภาพของเหลวอิ่มตัว ไออิ่มตัว และกรณีไอင

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบกรณีสารผสม R32/R125/R134a ในสัดส่วน 23/25/52 (SUVA 9000) ซึ่งค่าที่คำนวณได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากบริษัทผู้ผลิต

##### 3.2 ไดอะแกรมคุณสมบัติของสารผสม

คุณสมบัติของสารผสม R22/R152a/R124 และ R32/R125/R134a ที่สัดส่วนผสมต่าง ๆ ที่คำนวณได้โดยใช้วิธีที่กล่าวในบทที่แล้ว ได้ถูกนำมาสร้างไดอะแกรมคุณสมบัติ ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติจากวิธีที่คำนวณเทียบกับค่าที่ได้จากผู้ผลิตของสาร

R22/R152a/R124

ก. กรณีของเหลวอิ่มตัว

% error of enthalpy of saturated liquid (kJ/kg)									
P (Mpa)	MP 39			MP 52			MP 66		
	h cal.	h chart	%error	h cal.	h chart	%error	h cal.	h chart	%error
0.1	160.265	161.316	0.65	165.651	167.177	0.913	158.63	159.419	0.495
0.5	210.714	212.871	1.013	217.26	219.933	1.215	208.52	210.321	0.856
1	241.447	244.546	1.267	248.747	252.543	1.503	238.79	241.456	1.104
1.5	263.418	267.94	1.688	271.31	276.664	1.935	260.44	264.438	1.512
2	281.512	287.759	2.171	289.926	297.142	2.428	278.26	283.894	1.984
2.5	297.484	305.769	2.709	306.5	315.823	2.952	293.99	301.555	2.509
3	312.503	322.994	3.357	322.37	333.827	3.432	308.65	318.411	3.066
3.4	324.605	336.805	3.622	336.075	348.475	3.558	320.28	331.876	3.494

% error of enthalpy of saturated liquid (kJ/kg)									
P (Mpa)	MP 39			MP 52			MP 66		
	s cal.	s chart	%error	s cal.	s chart	%error	s cal.	s chart	%error
0.1	0.8454	0.8498	0.518	0.8675	0.8737	0.71	0.839	0.8421	0.368
0.5	1.0382	1.0459	0.736	1.0611	1.0705	0.878	1.0305	1.037	0.627
1	1.1414	1.1516	0.886	1.1648	1.1773	1.062	1.1327	1.1416	0.78
1.5	1.21	1.2242	1.16	1.234	1.2507	1.335	1.2007	1.2134	1.047
2	1.2636	1.2827	1.489	1.2882	1.3099	1.657	1.2539	1.2712	1.361
2.5	1.3092	1.3337	1.837	1.3346	1.3619	2.004	1.299	1.3217	1.717
3	1.3506	1.3809	2.194	1.3776	1.4103	2.319	1.3396	1.3682	2.09
3.4	1.3832	1.418	2.454	1.414	1.4488	2.402	1.3712	1.4045	2.371

ข. กรณีไอซึมตัว

% error of enthalpy of saturated liquid (kJ/kg)									
	MP 39			MP 52			MP 66		
P(Mpa)	h cal.	h chart	%error	h cal.	h chart	%error	h cal.	h chart	%error
0.1	388.541	392.323	0.964	383.666	387.889	1.089	388.808	392.202	0.865
0.5	409.035	415.389	1.53	406.244	421.631	1.548	408.663	414.541	1.418
1	418.433	426.258	1.836	416.748	424.565	1.841	417.574	424.973	1.741
1.5	423.097	431.814	2.019	422.604	430.831	1.91	421.832	430.248	1.956
2	425.118	434.607	2.183	424.46	434.125	2.226	423.634	432.847	2.128
2.5	425.085	435.417	2.373	424.158	435.251	2.549	423.325	433.534	2.355
3	422.108	434.404	2.83	418.94	434.365	3.551	420.748	432.517	2.721

% error of enthalpy of saturated liquid (kJ/kg)									
	MP 39			MP 52			MP 66		
P (Mpa)	s cal.	s chart	%error	s cal.	s chart	%error	s cal.	s chart	%error
0.1	1.7755	1.801	1.416	1.7398	1.7643	1.388	1.7833	1.8081	1.372
0.5	1.7264	1.7542	1.585	1.7042	1.7311	1.554	1.7304	1.7568	1.503
1	1.708	1.7376	1.703	1.6921	1.7209	1.674	1.7095	1.7379	1.634
1.5	1.6957	1.7263	1.772	1.6835	1.7137	1.762	1.6955	1.7254	1.733
2	1.6841	1.7159	1.853	1.6743	1.7061	1.864	1.6828	1.7141	1.826
2.5	1.6711	1.7049	1.982	1.662	1.697	2.062	1.6692	1.7023	1.944
3	1.6536	1.692	2.27	1.6394	1.6854	2.729	1.6522	1.6891	2.184

## ค. กรณีสอด

% error of enthalpy of saturated liquid (kJ/kg)									
	MP 39			MP 52			MP 66		
T	h cal.	h chart	%error	h cal.	h chart	%error	h cal.	h chart	%error
-10	401.023	403.549	0.626	393.078	396.249	0.8	402.38	404.499	0.524
0	408.146	410.363	0.54	400.496	403.212	0.674	409.352	411.217	0.454
10	415.398	417.339	0.467	407.996	410.357	0.575	416.458	418.089	0.39
20	422.739	424.465	0.407	415.604	417.664	0.493	423.669	425.106	0.338
30	430.163	431.742	0.366	423.271	425.134	0.438	430.96	432.267	0.302
40	437.698	439.165	0.334	431.05	432.763	0.396	438.36	439.569	0.275
50	445.347	446.732	0.31	438.943	440.545	0.364	445.87	447.009	0.255
60	453.053	454.439	0.305	446.917	448.479	0.348	453.43	454.585	0.254
70	460.926	462.284	0.294	455.039	456.559	0.333	461.161	462.294	0.245
80	468.947	470.264	0.28	463.33	464.783	0.313	469.033	470.133	0.234

% error of enthalpy of saturated liquid (kJ/kg)									
	MP 39			MP 52			MP 66		
T	s cal.	s chart	%error	s cal.	s chart	%error	s cal.	s chart	%error
-10	1.8377	1.8454	0.417	1.7868	1.7971	0.573	1.8504	1.8568	0.345
0	1.8644	1.8708	0.342	1.8145	1.8231	0.472	1.8766	1.8819	0.282
10	1.8904	1.8959	0.29	1.8415	1.8488	0.395	1.9021	1.9066	0.236
20	1.9159	1.9206	0.245	1.8678	1.8741	0.336	1.927	1.9309	0.202
30	1.9407	1.945	0.221	1.8935	1.8992	0.3	1.9514	1.9549	0.179
40	1.9652	1.9691	0.198	1.9187	1.9239	0.27	1.9754	1.9786	0.162
50	1.9892	1.9929	0.186	1.9435	1.9484	0.251	1.999	2.002	0.15
60	2.0129	2.0164	0.174	1.968	1.9726	0.233	2.0222	2.0251	0.143
70	2.0362	2.0396	0.167	1.992	1.9964	0.22	2.0451	2.0479	0.437
80	2.0591	2.0625	0.165	2.0157	2.0201	0.218	2.0676	2.0704	0.135

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบคุณสมบัติสาร SUVA 9000 จากวิธีที่คำนวณเทียบกับค่าที่ได้จาก  
ผู้ผลิต

ก. กรณีของเหลวอิ่มตัว

% error of enthalpy of SUVA 9000 at saturated liquid						
Pressure MPa	h cal. kJ/kg	h chart kJ/kg	%error	s cal. Kj/kg K	s chart kj/kg K	% error
0.2	161.8409	161.985	0.09	0.8539	0.8544	0.06
0.4	186.2851	185.907	0.2	0.9493	0.9479	0.15
0.6	203.0497	203.077	0.01	1.011	1.0111	0.01
0.8	216.2944	216.903	0.28	1.0578	1.0599	0.2
1	277.501	228.774	0.56	1.0961	1.1004	0.39
1.2	237.3601	239.356	0.83	1.1289	1.1356	0.59
1.4	246.2554	249.028	1.11	1.1578	1.167	0.79
1.6	254.4372	258.027	1.39	1.1784	1.1956	0.97
1.8	262.0666	266.516	1.67	1.2078	1.2221	1.17
2	296.2796	274.615	1.94	1.23	1.247	1.36
2.2	276.1764	282.416	2.21	1.251	1.2706	1.54
2.4	282.82	289.993	2.47	1.2709	1.2932	1.72
2.6	289.3116	297.41	2.27	1.2901	1.3151	1.9
2.8	295.7301	304.728	2.95	1.3088	1.3364	2.06
3	302.307	312.006	3.11	1.3278	1.3573	2.17
3.2	310.093	319.304	2.88	1.3502	1.3781	2.02

ข. กรณีไออิ่มตัว

% error of enthalpy of SUVA 9000 at saturated liquid						
Pressure MPa	h cal. kJ/kg	h chart kJ/kg	%error	s cal. Kj/kg K	s chart kj/kg K	% error
0.2	398.8346	401.325	0.52	1.6794	1.7261	1.3
0.4	407.8551	411.967	1	1.6895	1.7318	1.46
0.6	413.1792	418.431	1.26	1.6977	1.7373	1.73
0.8	416.8191	422.96	1.45	1.705	1.7426	1.67
1	419.426	426.321	1.62	1.7117	1.7478	1.76
1.2	421.3183	428.875	1.76	1.7182	1.753	1.83
1.4	422.6455	430.822	1.9	1.725	1.7582	1.89
1.6	423.4918	432.283	2.03	1.7314	1.7637	1.98
1.8	423.9118	433.336	2.17	1.7385	1.7696	2.06
2	423.9105	434.031	2.33	1.7466	1.7763	2.16
2.2	423.4544	434.401	2.52	1.7565	1.7847	2.28
2.4	422.4475	434.467	2.77	1.7702	1.7964	2.44
2.6	420.5825	434.236	3.14	1.7943	1.818	2.7

## ค. กรณีไอคง

% error of enthalpy of SUVA 9000 at saturated liquid						
Pressure MPa	h cal. kJ/kg	h chart kJ/kg	%error	s cal. Kj/kg K	s chart kj/kg K	% error
-20	403.8739	404.045	0.04	0.889	0.18935	0.24
-10	411.7501	411.694	0.01	1.9192	1.9232	0.21
0	419.83	419.505	0.08	1.512	1.9523	0.06
10	427.5781	427.476	0.02	1.9805	1.9809	0.02
20	436.221	435.608	0.14	2.0093	2.0092	0.005
30	444.9661	443.902	0.24	2.0356	2.037	0.07
40	453.0199	452.355	0.15	2.0638	2.0644	0.03
50	462.0479	460.968	0.23	2.0917	2.0915	0.01
60	470.36	469.739	0.13	2.1194	2.1182	0.06

## บทที่ 4 สรุปผลการวิจัย

### สรุปผลการวิจัย

จากผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของสารทำความเย็นที่สัดส่วนต่าง ๆ เมื่อนำค่าที่ได้ของสารผสมที่มีสัดส่วนเดียวกับสาร ของ R22/R152/R124 และ R32/R125/R134a ที่มีสัดส่วนกำหนดโดยผู้ผลิตพบว่า มีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดที่ทุกสภาวะไม่เกิน 5% ซึ่งก็ถือเป็นค่าที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม ดังนั้นการนำวิธีการในบทที่ 2 มาใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเทอร์โมไดนามิกส์ทั้งที่สภาวะของเหลวอิ่มตัว, สภาวะไออิ่มตัว, และที่สภาวะไวดง (Saturated liquid, Saturated vapor and Superheated vapor) จึงสามารถทำได้โดยที่ค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้นไม่มาก



### เอกสารอ้างอิง

1. วิระ มาวิจักขณ์ และแสงสันต์ พาณิช, การป้องกันบรรยากาศชั้นโอโซนของโลก, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์, 2533.
2. Dupont, Suva HFC-134a, Technical Information, USA, 1994.
3. Troxel, S. and Braven, K.D., the use of nonazeotropic refrigerant mixture in residential heat pump, The Winter Annual Meeting of ASME, San Francisco pp. 9-14, 1989.
4. Schultz, U.M., the characteristics of fluid mixture and their utilization in vapor compression refrigeration system, ASHRAE Transactions, vol. 91, pt. 2, pp. 918-928, 1985.
5. Vineyard, G.A., Laboratory testing of a heat pump system using an R13b1/R152a refrigerant mixture, ASHRAE Transactions, vol. 94, pt. 1, pp. 253-303, 1988.
6. Kiatsriroat, T. and Na Thlang, K., Performance analysis of vapour compression refrigeration with R22/R124/R152a refrigerant, Int.J. Energy Research, vol. 21, pp. 221-232, 1997.



ภาคผนวก ข.

### ตัวอย่างการคำนวณคุณสมบัติของสารเพื่อสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง P-h

ในการคำนวณหาค่าคุณสมบัติเพื่อสร้าง P-h diagram ของสารผสมเราใช้สารทำความเย็นคือ R22, R152a และ R124 มาผสมในอัตราส่วนต่าง ๆ กัน โดยแต่ละอัตราส่วนเรากำหนดให้ค่าความดันของสารผสมมีค่าคงที่

$$P = \text{Constant}$$

ในที่นี้จะยกตัวอย่างการคำนวณของสารผสมที่มีอัตราส่วนดังนี้

$$R22 = 33\% \quad \text{มีมวลโมเลกุล } M = 86.47$$

$$R152a = 15\% \quad \text{มีมวลโมเลกุล } M = 66$$

$$R124 = 52\% \quad \text{มีมวลโมเลกุล } M = 136.5$$

กำหนดให้คำนวณที่  $P = 1 \text{ MPa}$

แล้วจึงทำการกำหนดให้อุณหภูมิของสารแต่ละชนิดมีอุณหภูมิเดียวกัน เพื่อหาค่าความดันย่อยของสารแต่ละตัว แล้วแทนค่าลงในสมการของแต่ละสถานะเพื่อให้ได้ค่าเท่ากับความดันที่กำหนด (trial and error) และเมื่อได้ค่าความดันย่อยที่เหมาะสมของสารแต่ละตัวแล้ว นำไปหาค่าเอนทาลปีจำเพาะและเอนโทรปีจำเพาะของสารนั้น ๆ เพื่อนำมาหาค่าเอนทาลปีและเอนโทรปีจำเพาะของสารผสมต่อไป

#### กรณีที่ 1 สภาวะ Saturated Liquid

กำหนดให้  $T = 38^\circ\text{C}$

$$P_1 = P_{R22} = 1.4606 \quad \text{MPa}$$

$$P_2 = P_{R152a} = 0.86224 \quad \text{MPa}$$

$$P_3 = P_{R124} = 0.56208 \quad \text{MPa}$$

$$\text{จาก } P = \frac{\left(\frac{x_1}{M_1}\right)}{\sum\left(\frac{x_i}{M_i}\right)} P_{1s} + \frac{\left(\frac{x_2}{M_2}\right)}{\sum\left(\frac{x_i}{M_i}\right)} P_{2s} + \frac{\left(\frac{x_3}{M_3}\right)}{\sum\left(\frac{x_i}{M_i}\right)} P_{3s}$$

$$\text{โดยที่ } x_1 = 33 \quad x_2 = 15 \quad M_1 = 86.47 \quad M_2 = 66 \quad M_3 = 136.5$$

$$\frac{x_1}{M_1} = 0.381635 \quad \frac{x_2}{M_2} = 0.22727 \quad \frac{x_3}{M_3} = 0.381 \quad \frac{x_i}{M_i} = 0.989905$$

แทนค่าลงในสมการ สามารถหาค่า  $P = 0.9774 \text{ MPa}$

กำหนดใหม่ ให้  $T = 38.88^\circ\text{C}$

$$P_1 = 1.49294 \text{ MPa}$$

$$P_2 = 0.883184 \text{ MPa}$$

$$P_3 = 0.57627 \text{ MPa}$$

แทนค่าลงในสมการสามารถหาค่าความดันรวมได้เป็น  $1.000 \text{ MPa}$

พบว่าเมื่อคำนวณแล้ว  $P$  มีค่าเข้าใกล้ความดันรวมตามที่กำหนด ดังนั้นเราจะได้ความดันย่อยของสารแต่ละตัวเพื่อนำไปใช้หาค่าเอนทาลปี และเอนโทรปีของสารแต่ละตัว แล้วนำมาคำนวณหาเอนทาลปีและเอนโทรปีรวมของสารผสมต่อไป ดังนี้

$$P_{R22} = 1.49294 \text{ MPa} ; hf = 248.226 \text{ kJ/kg} ; sf = 1.162052 \text{ kJ/kg K}$$

$$P_{R152a} = 0.883184 \text{ MPa} ; hf = 269.5788 \text{ kJ/kg} ; sf = 1.235536 \text{ kJ/kg K}$$

$$P_{R124} = 0.57627 \text{ MPa} ; hf = 243.0808 \text{ kJ/kg} ; sf = 1.146256 \text{ kJ/kg K}$$

จาก  $h = \sum x_i h_i$

$$= x_1 h_{1s} + x_2 h_{2s} + x_3 h_{3s}$$

$$= (0.33)(248.226) + (0.15)(269.5778) + (0.52)(243.0808)$$

$$= 248.423 \text{ kJ/kg}$$

และ  $s = \sum x_i s_i$

$$= x_1 s_{1s} + x_2 s_{2s} + x_3 s_{3s}$$

$$= (0.33)(1.162052) + (0.15)(1.235536) + (0.52)(1.146256)$$

$$= 1.1649 \text{ kJ/kg K}$$

กรณีที่ 2 สภาวะ Saturated vapor

กำหนดให้  $T = 45^\circ\text{C}$

$$P_1 = P_{R22} = 1.73005 \text{ MPa}$$

$$P_2 = P_{R152a} = 1.0378 \text{ MPa}$$

$$P_3 = P_{R124} = 0.68121 \text{ MPa}$$

จาก

$$P = \frac{\sum(x_i / M_i)}{\frac{x_1 / M_1}{P_{1s}} + \frac{x_2 / M_2}{P_{2s}} + \frac{x_3 / M_3}{P_{3s}}}$$

แทนค่าต่าง ๆ ลงในสมการจะสามารถหาค่าความดันรวมของสารผสมได้  $P = 0.99 \text{ MPa}$

กำหนดใหม่ ให้  $T = 45.35^\circ\text{C}$

$$P_1 = 1.7443475 \text{ MPa}$$

$$P_2 = 1.04718 \text{ MPa}$$

$$P_3 = 0.6875905 \text{ MPa}$$

แทนค่าลงในสมการจะสามารถหาค่าของความดันรวมได้  $P = 0.99999 \text{ MPa}$  ซึ่งถือว่าใกล้เคียงกับค่าความดันรวมที่กำหนด ซึ่งทำให้เราได้ความดันย่อยของสารแต่ละตัว เพื่อนำไปใช้หาค่าเอนทาลปี และเอนโทรปี ของสาร แล้วนำมาคำนวณหาค่าเอนทาลปี และ เอนโทรปีรวมของสารผสมต่อไป ดังนี้

$$P_{R22} = 1.443475 \quad ; \quad h_f = 416.602 \quad \text{kJ/kg}; s_f = 1.6903 \quad \text{kJ/kg K}$$

$$P_{R152a} = 1.04718 \quad ; \quad h_f = 533.41775 \quad \text{kJ/kg}; s_f = 2.0637 \quad \text{kJ/kg K}$$

$$P_{R124} = 0.6875905 \quad ; \quad h_f = 383.1852 \quad \text{kJ/kg}; s_f = 1.5861 \quad \text{kJ/kg K}$$

$$\text{จาก } h = \sum x_i h_i$$

$$= x_1 h_{1s} + x_2 h_{2s} + x_3 h_{3s}$$

$$= (0.33)(416.602) + (0.15)(533.41775) + (0.53)(383.1852)$$

$$= 416.7976 \text{ kJ/kg}$$

$$\text{และ } s = \sum x_i s_i$$

$$= x_1 s_{1s} + x_2 s_{2s} + x_3 s_{3s}$$

$$= (0.33)(1.6903) + (0.15)(2.0637) + (0.53)(1.5861)$$

$$= 1.6921 \text{ kJ/kg K}$$

กรณีที่ 3 สภาวะ Superheated vapor

เราจะทำการพิจารณาที่อุณหภูมิ  $10^{\circ}\text{C}$  ความดัน  $0.1\text{ MPa}$  ซึ่งเป็นสภาวะที่สารแต่ละตัวรวมทั้งสารผสมอยู่ในสภาวะ Superheated vapor เราจะสามารถหาค่าเอนทาลปีและเอนโทรปีของสารได้ดังนี้

$$h_1 = h_{R22} = 419.7 \quad \text{kJ/kg} ; s_1 = s_{R22} = 1.9505 \quad \text{kJ/kg K}$$

$$h_2 = h_{R152a} = 521.428 \text{ kJ/kg} ; s_2 = s_{R125a} = 2.29 \quad \text{kJ/kg K}$$

$$h_3 = h_{R124} = 367 \quad \text{kJ/kg} ; s_3 = s_{R124} = 1.6392 \quad \text{kJ/kg K}$$

จาก  $h = \sum x_i h_i$

$$= x_1 h_{1s} + x_2 h_{2s} + x_3 h_{3s}$$

$$= (0.33)(419.7) + (0.15)(521.428) + (0.52)(367)$$

$$= 407.5552 \quad \text{kJ/kg}$$

และ  $s = \sum x_i s_i$

$$= x_1 s_{1s} + x_2 s_{2s} + x_3 s_{3s}$$

$$= (0.33)(1.9505) + (0.15)(2.29) + (0.52)(1.6392)$$

$$= 1.8395 \quad \text{kJ/kg K}$$

ภาคผนวก ค.

## ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 20/10/70

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-25.41	171.5912	0.8911	-18.79	372.259	1.0806
0.2	-8.1	190.7891	0.9659	-1.39	381.8509	1.669
0.3	3.38	203.8902	1.0141	10.06	387.8712	1.6638
0.4	12.15	214.1342	1.0503	18.84	392.3878	1.6608
0.5	19.37	222.7226	1.0798	26.1	396.0037	1.6589
0.6	25.57	230.2191	1.1048	32.33	399.0034	1.6574
0.7	31.03	236.9291	1.1268	37.84	401.5686	1.6562
0.8	35.95	243.0614	1.1466	42.77	403.7743	1.6552
0.9	40.41	248.6995	1.1645	47.27	405.7067	1.6543
1	44.51	253.8672	1.1808	51.41	407.4028	1.6535
1.1	48.33	258.9083	1.1961	55.09	408.8514	1.6527
1.2	51.88	263.5474	1.2102	58.86	410.2403	1.6518
1.3	55.24	268.039	1.2232	62.24	411.4132	1.6509
1.4	58.39	272.2902	1.2363	65.43	412.4521	1.65
1.5	61.39	276.3821	1.2483	68.45	413.3485	1.649
1.6	64.25	280.3304	1.2599	71.33	414.1245	1.6479
1.7	66.96	284.1353	1.2708	74.09	414.7923	1.6467
1.8	69.57	287.8335	1.2814	76.71	415.2771	1.6454
1.9	72.06	291.4309	1.2916	79.24	415.7474	1.6439
2	74.47	294.9506	1.3015	81.66	416.031	1.6422
2.1	76.76	298.3673	1.311	84	416.2102	1.6404

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.2	79	301.7537	1.3214	86.25	416.2141	1.6383
2.3	81.14	305.0597	1.3297	88.42	416.0652	1.6359
2.4	83.22	308.3445	1.3384	90.53	415.7139	1.633
2.5	85.25	311.5993	1.3473	92.56	414.8687	1.6289
2.6	87.19	314.8703	1.3561	94.54	413.9801	1.6249
2.7	69.27	294.42072	1.3	72.27	425.7817	1.66
2.8	71.015	297.27883	1.3081	74.03	425.4278	1.6768
2.9	72.71	300.1099	1.3159	75.73	424.9728	1.6734
3	74.39	302.92057	1.3237	77.37	424.3931	1.6699
3.1	76	305.7202	1.3314	79	423.8091	1.6664
3.2	77.57	308.51937	1.3391	80.58	423.1085	1.6626
3.3	79.13	311.30457	1.3468	82.1	422.2128	1.6585
3.4	80.64	314.41084	1.3544	83.6	421.3183	1.6544
3.5	82.085	316.93773	1.362	85.09	420.386	1.6502
3.6	83.53	319.7721	1.3696	86.5	418.9644	1.6449
3.7	84.97	322.60199	1.3773	87.9	417.9532	1.6397
3.8	86.31	325.65448	1.3854	89.28	416.1328	1.6345
3.9	87.645	328.7107	1.3936	90.62	414.0126	1.6275

ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 40/10/50

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-31.37	164.4072	0.8622	-24.23	379.3268	1.7262
0.2	-14.58	183.2075	0.9349	-7.25	388.1838	1.7084
0.3	-3.4	196.0424	0.9855	3.82	393.7174	1.6994
0.4	5.16	206.0763	1.0219	12.32	397.7918	1.6936
0.5	12.22	214.5084	1.0515	19.34	401.0264	1.6893
0.6	18.26	221.8345	1.0767	25.37	403.6946	1.6859
0.7	23.59	228.3984	1.0988	30.69	405.9516	1.6834
0.8	28.38	234.38	1.1185	35.47	407.8885	1.6806
0.9	32.74	239.8939	1.1363	39.83	409.5725	1.6784
1	36.75	245.0322	1.1528	43.83	411.0389	1.6764
1.1	40.48	249.8701	1.1681	47.55	412.3279	1.6744
1.2	43.96	254.4429	1.1823	51.02	413.4479	1.6726
1.3	47.23	258.7859	1.1956	54.29	414.447	1.6708
1.4	50.32	262.9387	1.2083	57.37	415.3005	1.6689
1.5	53.22	266.9	1.2202	60.31	416.0653	1.6672
1.6	56.02	270.7429	1.2317	63.09	416.6876	1.6653
1.7	58.68	274.459	1.2426	65.76	417.2349	1.6635
1.8	61.22	278.0514	1.2532	68.3	417.6648	1.6616
1.9	63.67	281.5456	1.2633	70.74	418.0127	1.6596
2	66.02	284.9556	1.2731	73.06	418.2409	1.6575
2.1	68.27	288.2651	1.2826	75.36	418.4112	1.6555
2.2	70.47	291.5405	1.2919	77.53	418.419	1.6531
2.3	72.56	294.7189	1.3008	79.65	418.4017	1.6508

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	74.62	297.8748	1.3097	81.68	418.1756	1.648
2.5	76.57	300.9661	1.3182	83.66	417.8844	1.6452
2.6	78.49	304.0403	1.3267	85.58	417.4627	1.6421
2.7	80.36	307.0868	1.3351	87.43	416.7657	1.6385
2.8	82.15	310.1197	1.3434	89.25	416.0506	1.6348
2.9	83.91	313.132	1.3515	91	414.7364	1.6297
3	85.62	316.1816	1.3597	92.7	421.9872	1.6234
3.1	87.27	319.2878	1.3681	94.38	411.2333	1.6173



## ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 50/10/40

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-33.61	161.5702	0.8506	-26.73	383.0766	1.7501
0.2	-16.97	180.3026	0.9259	-9.96	391.6287	1.7292
0.3	-5.915	193.0557	0.9744	0.95	393.9268	1.7184
0.4	2.536	203.0041	1.0109	9.36	400.8292	1.7112
0.5	9.51	211.3661	1.0405	16.3	403.9136	1.7058
0.6	15.49	218.6492	1.0657	22.26	406.4451	1.7015
0.7	20.77	255.1653	1.0879	27.51	408.5732	1.6978
0.8	25.51	231.1013	1.1076	32.24	410.4006	1.6946
0.9	29.82	236.576	1.1256	36.54	411.9792	1.6918
1	33.8	241.6764	1.142	40.5	413.3502	1.6892
1.1	37.48	246.4669	1.1573	44.18	414.5512	1.6868
1.2	40.92	250.9927	1.1715	47.62	415.5988	1.6844
1.3	44.16	255.303	1.1849	50.84	416.5022	1.6822
1.4	47.22	259.4207	1.1976	53.89	417.2975	1.68
1.5	50.12	263.3748	1.2095	56.78	417.9736	1.6778
1.6	52.84	267.1414	1.2209	59.55	418.5693	1.6756
1.7	55.5	270.839	1.232	62.17	419.0338	1.6734
1.8	58	274.3843	1.2424	64.7	419.4438	1.6713
1.9	60.44	277.8668	1.2526	67.1	419.72	1.669
2	62.74	281.2081	1.2623	69.44	419.9556	1.6668
2.1	65.02	284.53	1.2719	71.66	420.0551	1.6644
2.2	67.15	287.717	1.281	73.83	420.0997	1.662
2.3	69.25	290.8836	1.29	75.92	420.0394	1.6594

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	71.26	293.9824	1.2988	77.93	419.8632	1.6567
2.5	73.21	297.0335	1.3073	79.9	419.6703	1.654
2.6	75.14	300.0645	1.3158	81.79	419.2205	1.6507
2.7	76.95	303.037	1.324	83.63	418.7418	1.6475
2.8	78.75	306	1.3321	85.43	418.1504	1.644
2.9	80.51	308.9568	1.3402	87.16	417.8879	1.6399
3	82.18	311.9093	1.3483	88.86	416.2979	1.6357
3.1	83.84	314.8542	1.3562	90.51	414.9874	1.6306
3.2	85.46	317.8315	1.3642	92.11	412.8764	1.6235
3.3	87.01	320.9114	1.3725	93.68	410.7703	1.6164



## ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 80/10/10

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-38.36	155.0297	0.8237	-34.905	394.3434	1.8284
0.2	-22.19	173.6186	0.8985	-18.805	401.7272	1.7983
0.3	-11.51	186.1724	0.9487	-8.15	406.91452	1.7817
0.4	-3.275	196.03168	0.9855	0.045	410.4245	1.7702
0.5	3.51	204.28702	1.0155	6.78	413.1748	1.7615
0.6	9.33	211.47886	1.0408	12.57	415.36704	1.7544
0.7	14.47	217.921	1.0632	17.68	417.21872	1.7484
0.8	19.08	223.7671	1.0831	22.275	418.7908	1.7431
0.9	23.28	229.16776	1.1012	26.455	420.13532	1.7384
1	27.15	234.19965	1.1177	30.305	421.2909	1.7341
1.1	30.735	238.91767	1.1315	33.88	422.29288	1.7301
1.2	34.1	243.39515	1.1474	37.22	423.15578	1.7264
1.3	37.245	247.626	1.1608	40.36	423.90092	1.7229
1.4	40.23	251.69022	1.1736	43.33	424.54098	1.7195
1.5	43.05	255.56973	1.1856	46.15	425.0938	1.7163
1.6	45.745	259.3184	1.1971	48.825	425.5419	1.7132
1.7	48.31	262.93058	1.2081	51.36	425.8971	1.7101
1.8	50.75	266.40198	1.2186	53.82	426.2012	1.707
1.9	53.09	269.78829	1.2287	56.17	426.42598	1.7041
2	55.39	273.1279	1.2386	58.43	426.57695	1.7011
2.1	57.55	276.3312	1.248	60.62	426.67875	1.6982
2.2	59.69	279.51034	1.2574	62.705	426.6754	1.6952
2.3	61.7	282.5686	1.2662	64.735	426.6653	1.6923

	Liquid			Vapor		
Pressure MPa	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	63.58	285.44677	1.2745	66.71	426.5206	1.6893
2.5	65.61	288.59373	1.2835	67.62	426.3543	1.6862
2.6	67.44	291.5043	1.2918	70.49	426.1335	1.6832



ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 20/20/60

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-25.99	169.3019	0.8823	-20.43	385.885	1.7397
0.2	-8.75	189.4916	0.9611	-3.36	395.5152	1.7249
0.3	2.59	203.1478	1.0114	7.935	401.6652	1.7178
0.4	11.28	213.8523	1.0493	16.6	406.2282	1.7133
0.5	18.45	222.8442	1.0803	23.75	409.8665	1.7102
0.6	24.61	230.6978	1.1067	29.9	413.8932	1.7078
0.7	30.04	237.7263	1.1298	35.31	415.4498	1.7059
0.8	34.9	244.1127	1.1504	40.18	417.6679	1.7042
0.9	39.33	250.0115	1.1692	44.605	419.5977	1.7027
1	43.41	255.514	1.1864	48.68	421.2974	1.7014
1.1	47.19	260.6822	1.2024	52.47	422.7959	1.7
1.2	50.72	265.5656	1.2172	56.01	424.1316	1.6986
1.3	54.045	270.2238	1.2313	59.33	425.3008	1.6975
1.4	57.17	274.6591	1.2445	62.47	426.3301	1.6961
1.5	60.16	278.9503	1.2572	65.45	427.244	1.6948
1.6	62.97	283.0411	1.2692	68.28	428.0263	1.6934
1.7	65.68	287.0352	1.2807	70.985	428.6986	1.692
1.8	68.26	290.8885	1.2918	73.57	429.2538	1.6904
1.9	70.74	294.646	1.3024	76.06	429.7131	1.6888
2	73.11	298.2967	1.3128	78.44	430.0492	1.687
2.1	75.415	301.8854	1.3228	80.74	430.2886	1.6852
2.2	77.61	305.3032	1.3325	82.95	430.3859	1.6831
2.3	79.765	308.8477	1.3421	85.1	430.4201	1.6809

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	81.815	312.2462	1.3514	87.16	430.204	1.6782
2.5	83.82	315.6171	1.3606	89.17	429.9206	1.6755
2.6	85.76	318.9087	1.3696	91.115	429.2908	1.6719
2.7	87.63	322.3197	1.3787	93	428.3616	1.6676
2.8	89.46	325.6352	1.3876	94.84	427.3736	1.6633



ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 40/20/40

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-31.37	162.42006	0.8546	-25.3	393.21476	1.7862
0.2	-14.63	182.2084	0.9334	-8.45	402.28482	1.7651
0.3	-3.52	193.96692	0.9841	2.58	407.95774	1.7542
0.4	5	206.214	1.0224	11.04	412.12024	1.747
0.5	12.03	215.07219	1.0535	18.04	415.42636	1.7416
0.6	18.06	222.78758	1.08	24.04	418.1376	1.7373
0.7	23.36	229.6735	1.1032	29.32	420.42032	1.7337
0.8	28.13	235.95465	1.1239	34.08	422.37704	1.7306
0.9	32.46	241.72916	1.1427	38.41	424.07898	1.7278
1	36.46	247.13452	1.16	42.39	425.55684	1.7252
1.1	40.17	252.20843	1.176	46.09	426.85381	1.7228
1.2	43.65	257.0255	1.191	49.55	427.924	1.7206
1.3	46.9	261.5819	1.205	52.78	428.95754	1.7183
1.4	49.96	265.91524	1.2182	55.86	429.83118	1.7161
1.5	52.84	269.9135	1.2307	58.765	430.56849	1.714
1.6	55.65	274.1316	1.2429	61.535	431.19958	1.7118
1.7	58.29	278.02091	1.2544	64.19	431.73821	1.7096
1.8	60.81	281.76824	1.2654	66.71	432.15842	1.7075
1.9	63.23	285.41899	1.2759	69.14	432.50601	1.7052
2	65.6	289.03552	1.2864	71.47	432.73425	1.7029
2.1	67.82	292.48020	1.2963	73.72	432.8658	1.7005
2.2	70.02	295.92217	1.3061	75.895	432.93692	1.698
2.3	72.08	299.23619	1.3154	77.99	432.86873	1.6954

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	74.12	302.53665	1.3246	80.03	432.7688	1.6927
2.5	76.08	305.7785	1.3336	81.98	432.43067	1.6896
2.6	77.98	308.98901	1.3425	83.885	432.0626	1.6861
2.7	79.86	312.184	1.3513	85.74	431.52745	1.6831
2.8	81.63	315.34459	1.3599	87.525	430.75865	1.6792
2.9	83.37	318.48496	1.3684	89.28	429.96846	1.6752
3	85.09	321.62315	1.3769	90.98	428.58101	1.6698
3.1	86.73	324.87958	1.3856	92.63	426.77786	1.6634
3.2	88.34	328.09508	1.3943	94.25	424.96645	1.657



ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 50/20/30

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-33.46	159.6201	0.8431	-27.65	397.0184	1.8105
0.2	-16.86	179.356	0.9224	-11.09	405.743	1.7866
0.3	-5.85	192.7527	0.9733	-0.13	411.2353	1.7737
0.4	2.58	203.2255	1.0117	8.24	415.2304	1.7651
0.5	9.53	212.0162	1.0428	15.15	418.3798	1.7586
0.6	15.5	219.6868	1.0694	21.09	420.9465	1.7534
0.7	20.7	226.4594	1.0924	26.33	423.1385	1.749
0.8	25.48	232.7697	1.1134	31.02	424.9831	1.7452
0.9	29.78	238.5246	1.1323	35.31	426.5854	1.7418
1	33.74	243.8881	1.1496	39.25	427.9695	1.7386
1.1	37.41	248.9196	1.1656	42.91	429.1784	1.7357
1.2	40.84	253.6788	1.1806	46.33	430.2359	1.7329
1.3	44.07	258.2102	1.1946	49.55	431.1511	1.7303
1.4	47.11	262.5312	1.2079	52.57	431.9262	1.7277
1.5	50.01	266.6926	1.2205	55.47	432.6256	1.7251
1.6	52.72	270.6464	1.2324	58.2	433.1879	1.7226
1.7	55.35	274.5061	1.244	60.82	433.6733	1.7201
1.8	57.86	278.2556	1.255	63.32	434.0477	1.7176
1.9	60.29	281.9097	1.2658	65.73	434.354	1.7152
2	62.58	285.418	1.276	68.04	434.551	1.7126
2.1	64.82	288.8693	1.2859	70.27	434.6971	1.71
2.2	66.97	292.263	1.2956	72.41	434.6945	1.7073
2.3	69.06	295.5826	1.3051	74.49	434.6707	1.7046

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	71.07	298.8402	1.3143	76.49	434.4902	1.7017
2.5	73.01	302.0395	1.3232	78.43	434.2482	1.6987
2.6	74.9	305.17	1.332	80.34	433.9392	1.6956
2.7	76.73	308.3269	1.3407	82.16	433.4132	1.6921
2.8	78.52	311.4381	1.3493	83.95	432.8672	1.6886
2.9	80.28	314.5401	1.3578	85.68	432.1437	1.6847
3	81.94	317.6236	1.3662	87.37	431.1493	1.6803
3.1	83.59	320.7091	1.3745	89	430.1635	1.6759

ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 70/20/10

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-36.68	155.0355	0.8243	-32.78	404.5587	1.8626
0.2	-20.36	174.6761	0.9043	-16.59	412.7727	1.8324
0.3	-9.59	187.9442	0.9554	-5.82	417.9299	1.8157
0.4	-1.31	198.343	0.994	2.42	421.6568	1.8043
0.5	5.53	207.0713	1.0254	9.205	424.5687	1.7956
0.6	11.4	214.6791	1.0521	15.03	426.9348	1.7886
0.7	16.56	211.4596	1.0754	20.18	428.9205	1.7826
0.8	21.2	227.6366	1.0963	24.79	430.592	1.7773
0.9	25.43	233.3381	1.1152	29	432.029	1.7727
1	29.32	238.6514	1.1326	32.88	433.3714	1.7684
1.1	32.935	243.6406	1.1487	36.47	434.345	1.7644
1.2	36.315	248.3612	1.1637	39.83	435.2721	1.7607
1.3	39.49	252.8485	1.1781	42.98	436.0682	1.7572
1.4	42.48	257.1187	1.1912	45.975	436.7663	1.7538
1.5	45.325	261.2316	1.2039	48.8	437.341	1.7506
1.6	48.04	265.2	1.216	51.47	437.8107	1.7474
1.7	50.6	269	1.2274	54.05	438.2223	1.7443
1.8	53.05	272.6639	1.2384	56.51	438.5316	1.7413
1.9	55.45	276.287	1.2492	58.87	438.7754	1.7362
2	57.71	279.7644	1.2594	61.145	438.9352	1.7347
2.1	59.94	283.2054	1.2695	63.33	439.0156	1.7322
2.2	62.03	286.5096	1.2791	65.455	439.0507	1.7292
2.3	64.09	289.7813	1.2885	67.48	438.9671	1.7261

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	66.07	292.9857	1.2997	69.47	438.87	1.7231
2.5	67.985	296.1341	1.3066	71.375	438.6388	1.7198
2.6	69.88	299.2619	1.3155	73.23	438.3547	1.7166
2.7	71.66	302.3122	1.324	75.06	438.0526	1.7134
2.8	73.42	305.3448	1.3325	76.79	437.5437	1.7098
2.9	75.16	308.365	1.3408	78.5	437.0266	1.7063
3	76.8	311.3546	1.3491	80.18	436.4702	1.7027
3.1	78.43	314.3361	1.3573	81.78	435.645	1.6985
3.2	80.05	317.3153	1.3654	83.35	434.8185	1.6945
3.3	81.56	320.3149	1.3736	84.92	433.9773	1.6904
3.4	83.07	232.3242	1.3817	86.4	432.6778	1.6852
3.5	84.565	326.3131	1.3897	87.87	431.3414	1.68
3.6	85.99	329.4454	1.3981	89.31	430.0173	1.6749
3.7	87.39	332.6544	1.4067	90.715	427.9485	1.6679
3.8	88.78	335.8499	1.4152	92.08	425.2272	1.6593
3.9	90.15	339.1127	1.4239	93.42	422.5267	1.6507
4	91.435	324.9821	1.4341	94.75	419.8272	1.6422

ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 50/10/40

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-47.27	130.8929	0.7243	-41.06	431.9544	2.0219
0.2	-32.18	152.2227	1.8154	-26.08	439.7551	1.9794
0.3	-22.26	166.615	0.8736	-16.22	444.431	1.9551
0.4	-14.66	177.8389	0.9174	-8.655	447.729	1.9379
0.5	-8.4	187.2157	0.9529	-2.41	450.2377	1.9245
0.6	-3.04	195.3448	0.983	2.935	452.2082	1.9134
0.7	1.68	202.5867	1.0093	7.65	453.8009	1.9039
0.8	5.92	209.159	1.0328	11.89	455.1046	1.8955
0.9	9.76	215.1778	1.0539	15.73	456.1672	1.888
1	13.29	220.7629	1.0732	19.265	457.0373	1.881
1.1	16.57	226.0022	1.0911	22.55	457.7498	1.8746
1.2	19.63	230.9404	1.1078	25.61	458.3178	1.8686
1.3	22.505	235.627	1.1234	28.49	458.7614	1.8628
1.4	25.21	240.08	1.1381	31.21	459.0887	1.8573
1.5	27.79	244.3706	1.1521	33.79	459.3201	1.852
1.6	30.23	248.4704	1.1654	36.23	459.4543	1.8469
1.7	32.55	252.4162	1.178	38.57	459.4917	1.8419
1.8	34.77	256.2285	1.1902	40.8	459.4467	1.837
1.9	36.91	259.9446	1.2019	42.94	459.3218	1.8321
2	38.96	263.5449	1.2132	45	459.1147	1.8273
2.1	40.93	267.0482	1.2241	46.98	458.8277	1.8225
2.2	42.83	270.4691	1.2346	48.89	458.4646	1.8177
2.3	44.67	273.8281	1.2449	50.74	458.0228	1.8129

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.4	46.44	277.0993	1.2549	62.53	457.472	1.808
2.5	48.17	280.3373	1.2647	54.26	456.9003	1.8031
2.6	49.83	283.4971	1.2742	55.94	456.2121	1.7981
2.7	51.445	286.6197	1.2835	57.56	455.4179	1.793
2.8	53.01	289.6945	1.2926	59.14	454.5258	1.7877
2.9	54.54	292.7482	1.3017	60.675	453.531	1.7823
3	56.035	295.7777	1.3106	62.18	452.4167	1.7766
3.1	57.475	298.7736	1.3194	63.63	451.1197	1.7706
3.2	58.88	301.7568	1.328	65.05	449.4026	1.7634



## ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอีตราส่วน

R22/R152a/R124 : 70/20/10

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.2	-35.93	144.4092	0.7838	-33.89	455.07713	2.0822
0.3	-26.24	158.9856	0.8437	-24.225	459.4402	2.0507
0.4	-18.81	170.3709	0.8888	-16.82	462.465	2.0283
0.5	-12.69	179.8802	0.9254	-10.71	464.7236	2.0108
0.6	-7.44	188.1365	0.9565	-5.47	466.4744	1.9963
0.7	-2.825	195.4696	0.9836	-0.86	467.8582	1.9838
0.8	1.32	202.1276	1.0077	3.275	468.9686	1.9729
0.9	5.08	208.223	1.0294	7.04	469.8593	1.9631
1	8.54	213.8877	1.0493	10.05	470.4853	1.9552
1.1	11.76	219.2038	1.0677	13.71	471.1346	1.9459
1.2	14.75	224.1873	1.0848	16.7	471.565	1.9382
1.3	17.56	228.9149	1.1009	19.52	471.8854	1.9309
1.4	20.22	233.4318	1.116	22.18	472.1091	1.924
1.5	22.73	237.738	1.1303	24.69	472.2346	1.9174
1.6	25.12	241.8763	1.1439	27.08	472.2787	1.9111
1.7	27.4	245.8662	1.1569	29.36	472.2461	1.9051
1.8	29.585	249.7258	1.1694	31.55	472.1414	1.8992
1.9	31.68	253.4723	1.1814	33.64	471.9695	1.8934
2	33.685	257.093	1.1929	35.66	471.7336	1.8877
2.1	35.62	259.9291	1.2041	37.59	471.4314	1.8822
2.2	37.48	264.0648	1.2149	39.46	471.064	1.8767
2.3	39.28	267.4322	1.2254	41.26	470.64	1.8714
2.4	41.02	270.73	1.2356	43.01	470.1543	1.866

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
2.5	42.71	273.9757	1.2455	44.7	469.6102	1.8606
2.6	44.35	277.1677	1.2552	46.34	469.0081	1.8554
2.7	45.94	280.3042	1.2648	47.93	468.3479	1.8501
2.8	47.48	283.3932	1.2741	49.47	467.6162	1.8447
2.9	48.975	286.4392	1.2833	50.97	466.8223	1.8394
3	50.44	289.4675	1.2923	52.44	465.9665	1.834
3.1	51.86	292.4472	1.3012	53.87	465.0506	1.8285
3.2	53.24	295.4148	1.3099	55.25	464.0386	1.8229
3.3	54.6	298.3843	1.3186	56.61	462.9564	1.8172
3.4	55.92	301.312	1.3272	57.94	461.8121	1.8115
3.5	57.025	304.2558	1.3358	59.22	460.5381	1.8055
3.6	58.47	307.2059	1.3444	60.48	459.1849	1.7994
3.7	59.7	310.1502	1.3528	61.72	457.7084	1.793
3.8	60.9	313.1314	1.3614	62.92	456.0264	1.7861
3.9	62.09	316.141	1.3701	64.11	454.1982	1.7788
4	63.23	319.2284	1.3789	65.26	451.6372	1.7696



ตารางแสดงคุณสมบัติของสารผสมอัตราส่วน

R22/R152a/R124 : 10/10/80

Pressure MPa	Liquid			Vapor		
	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K	Temp.	Enthalpy kJ/kg	Entropy kJ/kg K
0.1	-35.77	152.6189	0.8151	-30.475	386.6704	1.7798
0.2	-19.81	173.338	0.8993	-14.63	395.9052	1.7604
0.3	-9.3	187.3443	0.9532	-4.15	401.7318	1.7503
0.4	-1.235	198.3052	0.9938	3.88	405.9981	1.7436
0.5	5.41	207.4891	1.0169	10.5	409.3592	1.7386
0.6	11.1	215.4745	1.055	16.185	421.1164	1.7346
0.7	16.12	222.6172	1.0796	21.18	414.4221	1.7313
0.8	20.6	229.082	1.1015	25.68	416.3966	1.7283
0.9	24.69	235.0602	1.1215	29.47	418.0925	1.7256
1	28.45	240.6278	1.1398	33.53	419.5568	1.7231
1.1	31.94	245.8617	1.1568	37.01	420.8232	1.7207
1.2	35.18	250.7863	1.1726	40.28	421.8263	1.7183
1.3	38.24	255.7941	1.1875	43.33	422.8644	1.716
1.4	41.11	259.9719	1.2015	46.23	423.6707	1.7138
1.5	43.845	264.2923	1.215	48.96	424.3325	1.7114
1.6	46.43	268.4376	1.2277	51.565	424.8754	1.709
1.7	48.9	272.4554	1.2399	54.06	425.298	1.7066
1.8	51.265	276.3592	1.2517	56.425	425.5792	1.704
1.9	53.53	280.538	1.2631	58.7	425.7306	1.7013
2	55.71	283.8772	1.2742	60.89	425.7323	1.6983
2.1	57.8	287.512	1.2849	62.995	425.5368	1.695
2.2	59.81	291.0868	1.2954	65.025	424.8797	1.6904