การศึกษาสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็น และผลกระทบต่อคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น HFC-134a

นายอำนาจ หาญวงศ์ไพบูลย์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2537

ISBN 974-584-977-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17161116

PERFORMANCE STUDY AND THE EFFECT OF USING HFC-134a ON THE REFRIGERATION CALORIMETER AND ITS COMPRESSOR

MR. AMNART HANWONGPAIBOON

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement

for the Degree of Master of Engineering

Department of Mechanical Engineering

Graduate school

Chulalongkorn University

1994

ISBN 974-584-977-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็นและผลกระทบต่อคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น HFC-134a
โดย	นาย อำนาจ หาญวงศ์ไพบูลย์
ภาควิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. กุลธร ศิลปบรรเลง)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อำนาจ หาญวงศ์ไพบูลย์ : การศึกษาสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็นและผลกระทบต่อคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สาร HFC-134a (PERFORMANCE STUDY AND THE EFFECT OF USING HFC-134a ON THE REFRIGERATION CALORIMETER AND ITS COMPRESSOR) อ. ที่ปรึกษา : ดร.เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์, 150 หน้า ISBN 974-584-977-4

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึง การศึกษาการใช้สาร HFC-134a ในฐานะที่เป็นสารทดแทนสาร CFC-12 ที่ใช้เป็นสารทำความเย็นในเครื่องทดสอบความเย็น โดยมุ่งศึกษาในด้านของสมรรถนะและผลกระทบต่อคอมเพรสเซอร์เมื่อใช้สาร HFC-134a เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานต่อไป ในส่วนของการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะ จะทำการเดินเครื่องทดสอบความเย็นเมื่อใช้สารทั้งสองชนิด แล้วทำการเปลี่ยนภาระความร้อน อีกทั้งมีการปรับแต่งเครื่องในกรณีของการใช้ HFC-134a เพื่อข้อมูลในการปรับแต่งเครื่องให้ทำงานได้อย่างเหมาะสม ผลการทดลองที่ได้จะถูกนำไปพิจารณาหาค่าพารามิเตอร์ ซึ่งเป็นค่าคงที่ของแต่ละอุปกรณ์ เพื่อจะใช้ในการสร้างโปรแกรมการคำนวณสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็น งานวิจัยอีกส่วนหนึ่งก็คือ ศึกษาการสึกหรอของลูกสูบ และชุดซีลของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้งานไปแล้ว 300 ชั่วโมง โดยการพิจารณาจากภาพขยาย และจากคุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นหลังการใช้งานของคอมเพรสเซอร์

ผลการทดลองในส่วนสมรรถนะของเครื่องพบว่า การใช้สาร HFC-134a แทน CFC-12 ทำให้สัมประสิทธิ์สมรรถนะลดลงประมาณ 15% เนื่องจากงานที่ใช้ในการอัดในคอมเพรสเซอร์ต้องใช้มากกว่า แต่หลังจากการปรับแต่งเครื่องโดยลดขนาดอุปกรณ์ปรับลดความดันจำนวน 1/4 รอบ และ 1/2 รอบ จะทำให้เครื่องมีสัมประสิทธิ์สมรรถนะดีขึ้น เมื่อนำผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบการทดลอง พบว่าให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะที่ใกล้เคียงกัน มีความแตกต่างกันโดยเฉลี่ยประมาณ ±7% และผลการตรวจสอบในส่วนของการสึกหรอของลูกสูบซึ่งมีโลหะอลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบ พบว่าระบบของ HFC-134a / โพลิเอสเตอร์ ออลย์ มีแนวโน้มจะทำให้อลูมิเนียมมีการสึกหรอมากกว่าระบบของ CFC-12 / น้ำมันแร่ธาตุ ในขณะที่ระบบ CFC-12 / น้ำมันแร่ธาตุ จะให้การสึกหรอของโลหะทองแดงได้มากกว่าระบบ HFC-134a / โพลิเอสเตอร์

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2537	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C415667 : MAJOR MECHANICAL ENGINEER
KEY WORD: PERFORMANCE / COMPRESSOR / EFFECT OF USING HFC-134a

AMNART HANWONGPAIBOOL : PERFORMANCE STUDY AND THE EFFECT OF USING HFC-134a ON THE REFRIGERATION CALORIMETER AND ITS COMPRESSOR, THESIS ADVISOR : CHARDPAN VITOORAPORN, Ph.D. 150 pp. ISBN 974-584-977-4

In this research we present the study of using HFC-134a as a replacement for CFC-12 in the calorimeter unit. The performance of the unit and the effect to the compressor were considered when using these two refrigerants in the cooling in order to place the guide line for future use process. In a comparision on the performance testing, heat load was varied during running the unit. Pressure regulator was reduced in size during the use fo HFC-134a for suitable operating condition. Data from test-running has been used to calculate for parameters used in the computer program. In addition, the study on the errosion of piston and seal after running the unit for 300 Hrs. had been performed using analytical photograph and the variation in compressor oil properties.

From performance testing, we found that the coefficience of performance was reduced about 15% when using HFC-134a compared with CFC-12 for the same heat load. This was due to more work being done on the compressor to compensate for the less volumatic efficience. However, when pressure regulator has reduced the size with 1/4 and 1/2 thread. The performance was improved to be equal to or even higher that when running with CFC-12. The average difference of about $\pm$7% on the result from computer program and experiment data was found. The analysys of the effect on aluminum alloy piston, when using HFC-134a/ Polyester oil solution showed potiental waring more thanthat when using CFC-12 /Mineral oil solution. The analysis of the effect on brass seal of seal and pipe showed more ware when using CFC-12/Mineral oil than that when using HFC-134a/Polyester.

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2537 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของท่านอาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และ รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ ซึ่งให้คำแนะนำและให้ข้อคิดเห็นต่างๆของการวิจัยมาด้วยดีมาตลอด

ขอขอบคุณ คุณปริญญา บุญปสาท ผู้จัดการแผนกเคมีภัณฑ์ บริษัท อี๊สเอเซียติ๊ก ประเทศไทย จำกัด และ เจ้าหน้าที่ฝ่ายผลิตภัณฑ์หล่อลื่นทุกท่านจากบริษัท เอสโซ่แสตนดาร์ด ประเทศไทย จำกัด ในการช่วยเหลือการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำมันและจัดหาสารที่ใช้ในการทดลอง รวมทั้ง คุณ พงศ์ธร เจนทวีพรกุล ที่ให้คำปรึกษาด้านการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ท้ายนี้ ขอขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในทุกด้านรวมถึงกำลังใจแก่ผู้วิจัยจนสามารถสำเร็จการศึกษาได้

สารบัญ

เนื้อหา หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญตาราง ..... ง
สารบัญภาพ ..... จ
คำอธิบายสัญญลักษณ์และคำย่อ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 2
1.2 การสำรวจงานวิจัย 6
1.3 วัตถุประสงค์ 8
1.4 ขอบเขตงานวิจัย 8
บทที่ 2 โปรแกรมการคำนวณ 11
2.1 ทฤษฎี 11
2.2 วัฏจักรการทำความเย็นที่เกิดขึ้นจริง 14
2.3 การแสดงโปรแกรมการคำนวณเพื่อจำลองสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็น 16
2.4 รายละเอียดของโปรแกรม 22
2.5 ผลการคำนวณด้วยโปรแกรม 25
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย 28
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย 28
3.2 วิธีการทดลองเพื่อหาสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น 33
3.3 วิธีการทดลองเพื่อหาผลกระทบต่อคอมเพรสเซอร์ 35
3.4 ขั้นตอนการเดินเครื่องเพื่อหาผลกระทบต่ออุปกรณ์ 36
บทที่ 4 ผลการทดลอง 41
4.1 ผลการศึกษาสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็น 41
4.2 ผลการวิเคราะห์น้ำมันหล่อลื่นคอมเพรสเซอร์ 60
4.3 ผลการทดสอบการสึกหรอของลูกสูบและชุดซีล 63

สารบัญ

เนื้อหา หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และ ข้อเสนอแนะ 75

ภาคผนวก ก. ตารางแสดงผลการทดลอง 78

ภาคผนวก ข. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ 92

ภาคผนวก ค. การเปรียบเทียบผลการทดลองกับโปรแกรมการคำนวณ 137

ภาคผนวก ง การปรับเทียบเครื่องมือวัด 144

ภาคผนวก จ. ความดัน - เอ็นทาลปี ชาร์ทของสารทำความเย็น 147

ประวัติของผู้เขียน 150

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	แสดงการลดจำนวนการผลิตของสาร CFC	2
1.2	แสดงสารทำความเย็นทดแทน	3
1.3	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของ CFC-12 และ HFC-134a	4
1.4	แสดงการเปรียบเทียบค่า ODP และ GWP ของสารทำความเย็นเดิมและสารทำความเย็นทดแทน	5
2.1	ผลการคำนวณสมรรถนะของเครื่องทดสอบความเย็น	27
4.1	ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น	62
ก.1 - ก.8	แสดงผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องทำความเย็น	79-89

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ปั๊มความร้อนระบายอากาศ (EXHAUST AIR HEATPUMP)	7
1.2	แสดงการวัดอุณหภูมิและความดันของสารทำความเย็นที่จุดต่างๆของวงจร	7
2.1	แสดงแผนภาพของเครื่องทำความเย็นแบบอัดไอ	12
2.2	แสดงภาพความดัน เอ็นทาลปี ของวงจรทำความเย็น	12
2.4	แสดงผลการอัดที่สูญเสียความร้อน	15
2.5	แสดงความดันลดที่ทำให้เกิดความเสียดทานภายในท่อ	15
2.6	ไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องจักร	16
2.7	แสดงความดัน - เอ็นทาลปี ชาร์ท	16
3.1	แสดงเครื่องทดสอบความเย็น (Refrigeration Calorimeter)	28
3.2	ไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่อง	29
3.4	แสดงส่วนประกอบของคอมเพรสเซอร์	37
3.5 - 3.10	แสดงเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติน้ำมันหล่อลื่น	38-40
4.1	แสดงค่างานที่ได้จากการอัดคอมเพรสเซอร์ เมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ อยู่ที่ 33 °C	46
4.2	แสดงค่างานที่ได้จากการอัดคอมเพรสเซอร์ เมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ อยู่ที่ 35 °C	46
4.3	แสดงค่าสัมประสิทธิภาพทางไอเซนโทรฟิคของการอัดเมื่ออุณหภูมิของ คอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	47
4.4	แสดงค่าสัมประสิทธิภาพทางไอเซนโทรฟิคของการอัดเมื่ออุณหภูมิของ คอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	47
4.5	แสดงค่าสัมประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของการอัดเมื่ออุณหภูมิของ คอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	48

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
4.6	แสดงค่าสัมประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของการอัดเมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	48
4.7	แสดงค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	49
4.8	แสดงค่าอัตราการไหลของสารทำความเย็นเมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	49
4.9	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในทางปฏิบัติเมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	50
4.10	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในทางปฏิบัติเมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	51
4.11	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะรวมมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	51
4.12	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะรวมมื่ออุณหภูมิของคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	51
4.13	แสดงค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะในทางปฏิบัติเมื่อเปรียบเทียบระบบของ CFC-12 กับ HFC-134a	52
4.14	แสดงวัฏจักรการทำความเย็น เมื่อเพิ่มภาระทางความร้อนและควบคุมอุณหภูมิคอนเดนเซอร์	53
4.15	แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น CFC-12 และ HFC-134a โดยอุณหภูมิคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	54
4.16	แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น CFC-12 และ HFC-134a (ลดตัวปรับความดัน 1/4 รอบ) โดยอุณหภูมิคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	55

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
4.17	แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น CFC-12 และ HFC-134a (ลดตัวปรับความดัน 1/2 รอบ) โดยอุณหภูมิคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 33 °C	56
4.18	แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น CFC-12 และ HFC-134a โดยอุณหภูมิคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	57
4.19	แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็น CFC-12 และ HFC-134a (ลดตัวปรับความดัน 1/4 รอบ) โดยอุณหภูมิคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	58
4.20	แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะของคอมเพรสเซอร์ เมื่อใช้สารทำความเย็นCFC-12 และ HFC-134a (ลดตัวปรับความดัน 1/2 รอบ) โดยอุณหภูมิคอนเดนเซอร์อยู่ที่ 35 °C	59
4.21	แสดงลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งาน	64
4.22	แสดงลูกสูบใหม่ที่ใช้งานกับระบบ CFC-12	64
4.23	แสดงลูกสูบใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งาน	65
4.24	แสดงลูกสูบใหม่ที่ใช้งานกับระบบ HFC-134a	65
4.25	แสดงชุดซีลใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งาน	66
4.26	แสดงชุดซีลใหม่ที่ใช้งานงานกับระบบของ CFC-12	66
4.27	แสดงชุดซีลใหม่ที่ยังไม่ได้ใช้งาน	67
4.28	แสดงชุดซีลใหม่ที่ใช้งานงานกับระบบของ HFC-134a	67
4.29	แสดงกล้องสเตอริโอสโคป (Sterio Sopoe)	68
4.30	ภาพขยาย 120 เท่า ของลูกสูบที่ยังไม่ใช้งาน	69

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
4.31	ภาพขยาย 120 เท่า ของลูกสูบที่ใช้กับระบบ HFC-134a	69
4.32	ภาพขยาย 120 เท่า ของลูกสูบที่ยังไม่ใช้งาน	70
4.33	ภาพขยาย 120 เท่า ของลูกสูบที่ใช้กับระบบ CFC-12	70
4.34	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลทองเหลืองที่ยังไม่งาน	71
4.35	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลทองเหลืองที่ใช้งานกับระบบ HFC-134a	71
4.36	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลทองเหลืองที่ยังไม่ใช้งาน	72
4.37	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลทองเหลืองที่ใช้งานกับระบบ CFC-12	72
4.38	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลเหล็กกล้าที่ยังไม่ใช้งาน	73
4.39	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลเหล็กกล้าที่ใช้งานกับระบบ HFC-134a	73
4.40	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลเหล็กกล้าที่ยังไม่ใช้งาน	74
4.41	ภาพขยาย 630 เท่า ของชุดซีลเหล็กกล้าที่ใช้งานกับระบบ CFC-12	74
ก.1	แสดงโพลิโทรฟิค เอกซ์โพเนนท์ (Polytropic exponent) ของการอัด	90
ก.2	แสดง η_v ของคอมเพรสเซอร์	91
ข1.	แสดงหน้าจอ Introduction หลังเรียกใช้โปรแกรม "RCPP"	93
ข2.	การแสดงผลในรูปของตาราง	94
ข3	การแสดงผลในรูปของแผนภาพ	95
ข4	.การแสดงผลในรูปของความดัน - เอ็นทาลปีชาร์ท	96
ง1.	แสดงการปรับเทียบเครื่องวัดอัตราการไหลของสารทำความเย็น	145
ง2.	แสดงการปรับเทียบเกจวัดความดัน	146

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

P	=	ความดัน (KPa)
T	=	อุณหภูมิของสารทำความเย็น (^{o} K)
v	=	ปริมาตรจำเพาะ (m^3 / kg)
ρ	=	ความหนาแน่น (kg / m^3)
n	=	ค่าโพลิโทรฟิค เอกซ์โพเนนท์ (polytropic exponent)
$\Delta\theta_s$	=	ปริมาณองศาไอร้อนยวดยิ่ง (Degree of superheat)
m_r	=	อัตราการไหลของสารทำความเย็น (kg / s)
m_w	=	อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็น (kg / s)
h	=	เอ็นทาลปีของสารทำความเย็น (kJ / kg.k)
S	=	เอนโทรปีของสารทำความเย็น (kJ / kg.k)
$W_{(bhp)}$	=	งานที่ให้แก่คอมเพรสเซอร์ (watt)
$W_{(isen)}$	=	กำลังงานจากการอัดแบบไอเซนโทรฟิคของคอมเพรสเซอร์ (watt)
W_{motor}	=	กำลังขาเข้าของคอมเพรสเซอร์ (watt)
Vd	=	ความจุของกระบอกสูบ (L / S)
η_v	=	ประสิทธิภาพเชิงปริมาตรของคอมเพรสเซอร์
Qe	=	ความร้อนที่อีวาโปเรเตอร์ (watt)
Q_w	=	ความร้อนจากเครื่องทำความร้อน
Q_g	=	ความร้อนจากภายนอกเข้าสู่ถัง (watt)
Q_c	=	ความร้อนที่ระบายออกจากคอนเดนเซอร์ (watt)
U	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของถังทรงกระบอก (watt / ^{o} C)
UA	=	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนจากผิวท่อ (watt / ^{o} C)
C_p	=	ค่าความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ (kJ / kg.k)
T_w	=	อุณหภูมิของน้ำระบายความร้อน (k)

ตัวห้อยท้าย

1	=	สภาวะที่ออกจากคอมเพรสเซอร์
2	=	สภาวะที่ออกจากคอมเดนเซอร์
3	=	สภาวะที่ออกจากอุปกรณ์ลดความดัน
4	=	สภาวะที่ออกจากคาลอรีมิเตอร์
v	=	อีวาโปเรเตอร์
c	=	คอนเดนเซอร์
i	=	ขาเข้า
o	=	ขาออก