การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

นายมนัส แป้งใส

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-062-1

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I17855111

DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR AN OPTIMUM PERFORMANCE OF AIR CONDITIONERS

Mr. Manat Paengsai

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Mechanical Engineering
Department of Mechanical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
Academic Year 1997
ISBN 974-638-062-1

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ

โดย นายมนัส แป้งใส

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร ปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชุติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ทวี เวชพฤติ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ)

.....กรรมการ
(ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

มนัส แป้งใส : การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ (DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR AN OPTIMUM PERFORMANCE OF AIR CONDITIONERS) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร. วิทยา ยงเจริญ, 166 หน้า. ISBN 974-638-062-1

โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับใช้เป็นเครื่องมือตัดสินใจเบื้องต้นในการออกแบบชุดแลกเปลี่ยนความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ที่มีขีดความสามารถการทำความเย็นระหว่าง 3,500 ถึง 8,790 วัตต์ เพื่อให้ได้ฟังก์ชันเป้าหมายซึ่งอยู่ในรูปของอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน(EER) ต่อต้นทุนการผลิตของเครื่องปรับอากาศสูงสุด ภายใต้ขอบเขตของตัวแปรตัดสินใจต่างๆ จำนวนทั้งสิ้น 14 ตัวแปร ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิควบแน่นของน้ำยา, อุณหภูมิระเหยของน้ำยา และขนาดต่างๆ ของคอยล์ เป็นต้น โดยที่กำหนดคุณสมบัติของคอมเพรสเซอร์มาให้

เครื่องปรับอากาศที่ได้เมื่อออกแบบที่ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานต่อต้นทุนการผลิตสูงสุดมาเปรียบเทียบกับสมรรถนะที่ระบุของเครื่องปรับอากาศที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีขนาด 3,500 วัตต์ และใช้คอมเพรสเซอร์รุ่นเดียวกัน จะเห็นได้ว่าเครื่องปรับอากาศที่ออกแบบนั้นสามารถลดต้นทุนในการผลิตลงได้ 23.4 % แต่ให้ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานนั้นลดลง 8.4 % แต่ถ้าออกแบบที่ค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานสูงสุด จะทำให้ต้นทุนการผลิตเพิ่มขึ้น 0.24 % ขณะที่มีค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานที่สูงกว่าพิกัดที่ระบุของผู้ผลิต 4.5 %

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต มนัส แป้งใส
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

##C716192 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING
KEY WORD: OPTIMIZATION / ENERGY EFFICIENCY RATIO / AIR CONDITIONER
MANAT PAENGSAI : DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR AN OPTIMUM PERFORMANCE OF AIR CONDITIONERS. THESIS ADVISOR: ASSOC. PROF WITHAYA YONGCHAREON, Ph.D. 166 pp. ISBN 974-638-062-1

The computer program developed in this research is used as an analytical tool for designing the air conditioning unit with a capacity in the range of 3,500 to 8,790 watt. The objective function is to maximized the energy efficiency ratio (EER) per production cost under 14 decision variables such as condensing temperature, evaporating temperature, coil geometry and etc. for a given compressor performance.

The optimized air conditioner, using the same compressor, is compared to the existing one with a capacity of 3,500 watt. The result indicates that the production cost is reduced at the amount of 23.4 % for the optimized air conditioner. However, the EER is decreased at the amount of 8.4 %. If the objective function is selected to maximize only the EER, then the production cost is increased at the amount of 0.24 % for the optimized air conditioner. However, the EER is higher than the nominal rating at the amount of 4.5 %.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต มานัส แป้งสี

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2540 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.วิทยา ยงเจริญ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการวิจัย และให้ข้อคิดเห็นในการแก้ปัญหาต่างๆ ตลอดจนช่วยแก้ไข และเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตั้งแต่ต้นจนจบสำเร็จเป็นรูปเล่ม ผู้เขียนขอกราบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

อนึ่ง งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านข้อมูล และเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง จากบริษัท ยูนิแฟ็บ อีควิปเมนต์ จำกัด

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณท่านอาจารย์ เจ้าหน้าที่เทคนิค และเพื่อนๆ อีกหลายท่านที่ไม่ได้ กล่าวนามไว้ในที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย .....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....จ
กิตติกรรมประกาศ .....ฉ
สารบัญ .....ช
สารบัญตาราง .....ญ
สารบัญภาพ .....ฌ
คำอธิบายสัญญลักษณ์.....ณ

บทที่

1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 2
1.4 ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัยนี้ 3
1.6 เอกสารและผลงานวิจัยในอดีต 3

2 ทฤษฎีและการออกแบบอุปกรณ์การทำความเย็น
2.1 วัฏจักรการทำความเย็นโดยระบบอัดไอ 5
2.2 แผนภูมิมอลเลียร์และการคำนวณของวัฏจักรการทำความเย็น 7
2.3 แผนภูมิมอลเลียร์และการเปลี่ยนแปลงสภาวะการทำความเย็น 11
2.4 การถ่ายเทความร้อน 18
2.5 ความสามารถในการถ่ายเทความร้อน 20

2.6 การสูญเสียความดันของอากาศขณะผ่านชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 34
2.7 ไซโครเมตริค 35

3 การปรับโค้งและทฤษฎีการหาค่าสูงสุด
3.1 วิธีผลต่างกำลังสองน้อยที่สุด 39
3.2 สัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจ 41
3.3 การแก้ระบบสมการเชิงเส้นโดยวิธีการกำจัดแบบเกาส์.....41
3.4 การหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน 44
3.5 การแก้สมการนอนลิเนียร์ด้วยวิธีสุ่มค่า.....45

4 การโปรแกรมคอมพิวเตอร์
4.1 ลักษณะของปัญหาเพื่อประดิษฐ์โปรแกรม 51
4.2 ลักษณะของโปรแกรม 52
4.3 ลักษณะของข้อมูลที่โปรแกรมต้องการ 59
4.4 ผลลัพธ์ของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ 61

5 การทดสอบและข้อมูลการทดสอบ
5.1 ภาวะการทดสอบ 67
5.2 วิธีการคำนวณผลการทดสอบ 71
5.3 ข้อมูลการทดสอบ 72

6 ผลการทดสอบ วิเคราะห์ สรุปและข้อเสนอแนะ
6.1 ผลของความชื้นอากาศต่อสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศ 73
6.2 การวิเคราะห์ผล 74
6.3 สรุป 84
6.4 ข้อเสนอแนะ 85

รายการอ้างอิง 86
ภาคผนวก ก. มาตรฐานการทดสอบและผลการทดสอบเครื่องปรับอากาศ.....88
ภาคผนวก ข. คุณลักษณะเฉพาะของเครื่องปรับอากาศของบริษัทผู้ผลิต 97
ภาคผนวก ค. ตารางเทียบค่าอัตราการไหลของอากาศผ่าน Nozzle 104
ภาคผนวก ง. คุณสมบัติของไหลใช้งานในเครื่องปรับอากาศ 106
ภาคผนวก จ. แผนภูมิความดัน-เอนทาลปีของน้ำยา R-22 113
ภาคผนวก ฉ. ตัวอย่างการคำนวณหาสมรรถนะและขนาดของชุดแลกเปลี่ยนความร้อน 115
ภาคผนวก ช. ความหมายของตัวแปรและรายละเอียดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ..131
ประวัติผู้เขียน 166

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ของฟังก์ชันประสิทธิภาพของแผ่นครีบ	26
2.2	ส่วนประกอบโดยเฉลี่ยของอากาศแห้ง	36
6.1	ผลของความชื้นอากาศภายในเมื่ออุณหภูมิแวดล้อม เท่ากับ 35 °C db, 24 °C wb	73
6.2	ผลของความชื้นอากาศแวดล้อมเมื่ออุณหภูมิภายใน เท่ากับ 27 °C db, 19 °C wb	74
6.3	การเปรียบเทียบสมรรถภาพของเครื่องปรับอากาศระหว่างผลการทดลองกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์	75
6.4	ผลการจำลองด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระหว่างสภาวะที่ระบุของผู้ผลิตกับสภาวะที่เหมาะสม (Optimum)	79
6.5	สมรรถนะของเครื่องปรับอากาศที่ค่า EER สูงสุด	80
6.6	ผลกระทบจากการเลือกค่าขอบเขตสูงสุดและต่ำสุดของตัวแปรตัดสินใจ	81
ก-1	ภาวะที่ใช้ทดสอบเพื่อหาค่าขีดความสามารถทำความเย็น	89
ก-2	ขนาดของห้องวัดความร้อน	90
ก-3	ผลการทดสอบสมรรถนะในการทำความเย็นเมื่อความชื้นอากาศภายในเปลี่ยนแปลงและอุณหภูมิแวดล้อมเท่ากับ 35 °Cdb และ 24 °Cwb	94
ก-4	ผลการทดสอบสมรรถนะในการทำความเย็นเมื่อความชื้นอากาศแวดล้อมเปลี่ยนแปลงและอุณหภูมิอากาศภายในเท่ากับ 27 °Cdb และ 19 °Cwb	95
ก-5	ผลการทดสอบอัตราการไหลและความดันของอากาศผ่านอีวาโปเรเตอร์	96

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
ก-6	ผลการทดสอบอัตราการไหลและความดันของอากาศผ่านคอนเดนเซอร์	96
ง-1	คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของอากาศแห้งที่ความดันบรรยากาศ	107
ง-2	คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของอากาศชื้นที่ความดันบรรยากาศ	108
ง-3	คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของน้ำที่ความดันบรรยากาศ	109
ง-4	คุณสมบัติของน้ำยา R-22	110

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	วัฏจักรการทำความเย็นกดอัดไอ	7
2.2	แผนภูมิมอลเลียร์แสดงวัฏจักรการทำความเย็น	8
2.3	เปรียบเทียบวัฏจักรการทำความเย็นที่อุณหภูมิระเหยต่างกัน	12
2.4	เปรียบเทียบวัฏจักรการทำความเย็น ที่อุณหภูมิควบแน่นต่างกัน	14
2.5	เปรียบเทียบวัฏจักรการทำความเย็น ที่อุณหภูมิของเหลวเย็นเยือก กับอุณหภูมิของเหลวอิ่มตัว	16
2.6	เปรียบเทียบวัฏจักรการทำความเย็น ที่อุณหภูมิไอร้อนยวดยิ่ง กับอุณหภูมิไอร้อนอิ่มตัว	17
2.7	ลักษณะรูปร่างชุดแลกเปลี่ยนความร้อน	21
2.8	ครีบแท่ง	22
2.9	รัศมีเทียบเท่าของแผ่นครีบรูปสี่เหลี่ยม	24
2.10	กราฟของ Gardner แสดงประสิทธิภาพของแผ่นครีบ	25
2.11	การถ่ายเทความร้อนผ่านท่อของเครื่องระเหย	28
2.12	การถ่ายเทความร้อนผ่านแผ่นครีบ (กรณีอากาศชื้น)	31
3.1	ขั้นตอนการหาค่าสูงสุดของฟังก์ชัน	50
4.1	ลักษณะขั้นตอนกาทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	58
4.2	ตัวอย่างข้อมูลป้อนเข้าในไฟล์ "DATA1.DAT"	61
4.3	ลำดับขั้นตอนการโต้ตอบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์	63
4.4	ลักษณะของผลลัพธ์ที่บรรจุอยู่ในไฟล์ "OUTPUT1.OUT"	63
5.1	แสดงอุณหภูมิจุดต่างๆ ที่วัดในวัฏจักรการทำความเย็น	68
5.2	ห้องวัดความร้อนแบบการสอบเทียบ	69
5.3	เครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ	70

สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่		หน้า
5.4	ห้องทดสอบสำหรับวัดอัตราการจ่ายและความดันตกคร่อมของอากาศ	70
6.1	เปรียบเทียบผลของอุณหภูมิเย็นเยือกและอุณหภูมิร้อนยวดยิ่งที่มีต่อความสามารถการทำความเย็นจากตาราง 6.3	77

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ที่ใช้

สัญญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
A	พื้นที่ผิวรวมในการถ่ายเทความร้อน	m^2
A_i	พื้นที่ผิวด้านในของท่อต่อหน่วยความยาว	mm^2
A_f	พื้นที่ผิวของแผ่นครีบต่อหน่วยความยาว	mm^2
A_o	พื้นที่ผิวรวมด้านนอกที่สัมผัสอากาศต่อหน่วยความยาว	mm^2
A_p	พื้นที่ผิวด้านนอกของท่อระหว่างแผ่นครีบต่อหน่วยความยาว	mm^2
As	พื้นที่ด้านหน้าของคอยล์	m^2
A_t	พื้นที่ผิวรวมในการถ่ายเทความร้อนด้านอากาศ	m^2
B_w	อัตราส่วนผลต่างของเอนทาลปีต่ออุณหภูมิของอากาศชื้น	
B_r	อัตราส่วนผลต่างของเอนทาลปีต่ออุณหภูมิของน้ำและน้ำยาระเหย	
C	ต้นทุนของชุดแลกเปลี่ยนความร้อนตามภาคผนวก ก.	
Cp	ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศที่ความดันคงที่	J/kg °C
Cp_l	ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำยาเหลวที่ความดันคงที่	J/kg °C
C_t	ต้นทุนรวมของเครื่องปรับอากาศ	
Com	ต้นทุนของคอมเพรสเซอร์ตามภาคผนวก ก.	
COP	สัมประสิทธิ์การทำงานของเครื่องปรับอากาศ	
Dh_m	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิคที่ความเร็วอากาศเฉลี่ย	mm
Dh_f	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไฮดรอลิคที่ความเร็วอากาศหน้าคอยล์	mm
D_i	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของท่อ	mm
D_o	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอกของท่อ	mm
EER	อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน	
f	แฟคเตอร์ความเสียดทานของอากาศ	
Fm	จำนวนแผ่นครีบต่อหนึ่งหน่วยความยาว	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ที่ใช้ (ต่อ)

สัญญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
F_s	ระยะห่างของแผ่นครีบ	mm
Ga	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแวดล้อม	$kg/m^2.s$
G_l	อัตราการไหลเชิงมวลของน้ำยาเหลว	$kg/m^2.s$
G_{max}	อัตราการไหลเชิงมวลสูงสุดของอากาศ	$kg/m^2.s$
G_v	อัตราการไหลเชิงมวลของไอน้ำยา	$kg/m^2.s$
Gz	ตัวเลขแกรทซ์	
ha	เอนทาลปีของอากาศภายใน	J/kg
her	เอนทาลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิระเหย	J/kg
hfg	ความร้อนแฝงในการเปลี่ยนสถานะของน้ำยา	J/kg
h_p	เอนทาลปีของอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิของท่อ	J/kg
H_d	สัมประสิทธิ์การเกาะตัวภายในท่อ	$W/m^2.K$
H_i	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านน้ำยา	$W/m^2.K$
HG	ความสูงของคอยล์	mm
H_f	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านอากาศ	$W/m^2.K$
H_o	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศของเครื่องระเหย	$W/m^2.K$
ka	ค่าการนำความร้อนของอากาศ	W/m.K
k_{al}	ค่าการนำความร้อนของอลูมิเนียม	W/m.K
k_l	ค่าการนำความร้อนของน้ำยาเหลว	W/m.K
k_v	ค่าการนำความร้อนของไอน้ำยาเหลว	W/m.K
k_w	ค่าการนำความร้อนของน้ำ	W/m.K
L	ขนาดความยาวของคอยล์	mm

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ที่ใช้ (ต่อ)

สัญญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
LMHD	ผลต่างเอนทาลปีเฉลี่ยแบบลอการิธมิค	J/kg
LMTD	ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบลอการิธมิค	°C
N	จำนวนท่อของแถวคอยล์ในแนวตั้ง	
Nr	จำนวนแถวของคอยล์ในแนวตั้ง	
P	พลังงานของคอมเพรสเซอร์	W
P_l	ระยะห่างของท่อในแนวนอน	mm
P_o	ความดันอากาศขณะออกจากของคอยล์	Pa
Pr	ตัวเลขแพรนเติลของอากาศ	
Pr_l	ตัวเลขแพรนเติลของน้ำยาเหลว	
P_t	ระยะห่างของท่อในแนวดิ่ง	mm
Pw	ความดันย่อยของอากาศชื้นอิ่มตัว	kPa
Pv	ความดันย่อยของอากาศชื้น	kPa
Q	ภาระการถ่ายเทความร้อน	W
R	อัตราส่วนของรัศมีแผ่นครีบ	
Re	ตัวเลขเรย์โนลด์ที่ความเร็วอากาศเฉลี่ย	
Re_f	ตัวเลขเรย์โนลด์ที่ความเร็วอากาศหน้าคอยล์	
R_f	รัศมีเทียบเท่าของแผ่นครีบสี่เหลี่ยม	mm
R_t	รัศมีด้านนอกของท่อ	mm
tk	ความหนาของแผ่นครีบ	mm
Ta	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศ	°C
Ta_m	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเฉลี่ย	°C
T_p	อุณหภูมิของท่อ	°C
T_w	อุณหภูมิของผิวน้ำที่เกาะบนท่อ	°C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์ที่ใช้ (ต่อ)

สัญญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Twa	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ	°C
U_o	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	$W/m^2.K$
V_f	ความเร็วอากาศหน้าคอยล์	m/s
V_m	ความเร็วของอากาศเฉลี่ย	m/s
W	ความลึกของคอยล์	mm
x	อัตราส่วนไอของน้ำยา	
Y_w	ความหนาของผิวน้ำที่เกาะบนท่อ	mm

อักษรกรีก	ความหมาย	หน่วย
ΔP	ความดันอากาศที่ตกคร่อมคอยล์	in.WG
ΔT	ผลต่างของอุณหภูมิท่อกับน้ำยา	°C
η_f	ประสิทธิภาพของแผ่นครีบ	
μa	ค่าความหนืดของอากาศ	kg/m.s
μ_l	ค่าความหนืดของน้ำยาเหลว	kg/m.s
μ_v	ค่าความหนืดของไอน้ำยา	kg/m.s
ρa	ค่าความหนาแน่นของอากาศ	kg/m^3
ρ_l	ค่าความหนาแน่นของน้ำยาเหลว	kg/m^3
ρ_v	ค่าความหนาแน่นของไอน้ำยา	kg/m^3
σ	อัตราส่วนความหนาแน่นของแผ่นครีบ	

สัญญลักษณ์บรรยาย	ความหมาย
i	ขณะเข้าคอยล์ หรือด้านในของท่อ
l	น้ำยาในสถานะของเหลว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สัญญลักษณ์บรรยาย (ต่อ) ความหมาย

m	ค่าเฉลี่ย
o	ขณะออกจากคอยล์ หรือด้านนอกของท่อ
v	น้ำยาในสถานะไอ
w	น้ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย