

การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ความร้อนจากคอนเดนเซอร์ของ  
เครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน

นายสมคิด ไชยรัตน์



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974 - 333 - 395 - 9

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL USING HEAT FROM THE  
CONDENSER OF AN AIR CONDITIONER FOR ENERGY SAVING



Mr. Somkit Chairat

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

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University


Academic Year 1999

ISBN 974 - 333 - 395 - 9

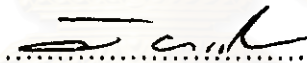
หัวข้อวิทยานิพนธ์      การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ความร้อนจากคอนเดนเซอร์ของ  
เครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน  
โดย                              นายสมคิด ไชยรัตน์  
ภาควิชา                        วิศวกรรมเครื่องกล  
อาจารย์ที่ปรึกษา        ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน

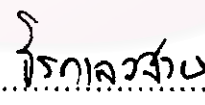
---


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทมหาบัณฑิต

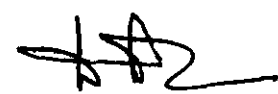
.....  ..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(รองศาสตราจารย์ ดร. รัชชัย สุมิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....  ..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. วิทยา ยงเจริญ)

.....  ..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน)

.....  ..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

.....  ..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)

สมคิด ไชยรัตน์ : การควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยใช้ความร้อนจากคอนเดนเซอร์  
ของเครื่องปรับอากาศเพื่อการประหยัดพลังงาน (TEMPERATURE AND HUMIDITY  
CONTROL USING HEAT FROM THE CONDENSER OF AN AIR  
CONDITIONER FOR ENERGY SAVING) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ฤชากร จิรกาลวสาน,  
117 หน้า. ISBN 974 - 333 - 395 - 9.

โครงการวิจัยนี้ เป็นการนำพลังงานความร้อนจากคอนเดนเซอร์ (Reheat Coil) มาลด  
ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศที่ต้องการควบคุมความชื้นสัมพัทธ์อย่างแม่นยำเพื่อการ  
ประหยัดพลังงาน ซึ่งจะทดลองกับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 30,000 Btu/hr และใช้  
Reheat Coil ขนาดประมาณ 30% ของคอนเดนเซอร์เดิม (ติดตั้งอยู่ที่ Condensing Unit ) โดยนำ  
ไปติดตั้งไว้ที่ Fan Coil Unit เพื่อทำหน้าที่ลดความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศ และจะทำ  
การทดลองที่ Room Sensible Heat Ratio ต่ำสุดเท่ากับ 0.50

จากผลการวิจัยพบว่าพลังงานความร้อนจากคอนเดนเซอร์ (Reheat Coil) สามารถลด  
ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องปรับอากาศได้ประมาณ 10 -15 % RH โดยที่ค่า COP ขณะ Reheat  
เมื่อเทียบกับระบบเดิมจะเพิ่มขึ้นประมาณ 5 % และค่าลงทุนที่เพิ่มขึ้นสามารถชดเชยค่าพลังงาน  
ความร้อนของระบบเดิมซึ่งใช้ความร้อนในการ Reheat จากฮีทเตอร์ไฟฟ้าประมาณ 2 ปี

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ....วิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา ...วิศวกรรมเครื่องกล.....

ปีการศึกษา .....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต .....สมคิด ไชยรัตน์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....ฤชากร จิรกาลวสาน.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## C4070445221 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: HUMIDITY / TEMPERATURE / AIR CONDITIONER / ENERGY SAVING

SOMKIT CHAIRAT: TEMPERATURE AND HUMIDITY CONTROL USING HEAT FROM THE CONDENSER OF AN AIR CONDITIONER FOR ENERGY SAVING.

THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. RICHAKORN CHIRAKALWASAN, 117 pp.

ISBN 974 - 333 - 395 - 9.

The purpose of this research is to conduct heat energy from a condenser (reheat coil) to reduce relative humidity in the room, where its relative humidity is controlled precisely in order to save energy. By installing the reheat coil, whose size is 30% of condenser, in the fan coil unit of 30,000 Btu/hr split type air conditioner and the experiment was performed at the minimum room sensible heat ratio of 0.50

The experiment indicated that the heat energy from the reheat coil could reduce relative humidity about 10% ~ 15% RH also COP of the unit using condenser reheat system increased about 5% from the COP of the normal unit. Moreover, the increased cost of the condenser reheat system compared with the conventional electric reheat system can be compensated with electric heater energy saving cost after using this unit 2 years.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา .....วิศวกรรมเครื่องกล.....

สาขาวิชา ...วิศวกรรมเครื่องกล.....

ปีการศึกษา ..... 2542.....

ลายมือชื่อนิสิต ..... สมคิด ไชยรัตน์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ฤทธิกร ใจกลาง.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

## กิตติกรรมประกาศ



วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้เขียนได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางการวิจัย และให้ข้อคิดเห็นในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ตลอดจนช่วยแก้ไข และเพิ่มเติมวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตั้งแต่ต้นจนจบสำเร็จเป็นรูปเล่ม ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูง

อนึ่ง งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านข้อมูล และเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในการทดลอง จากบริษัท สยามคอมเพรสเซอร์ อุตสาหกรรม จำกัด

นอกจากนี้ ผู้เขียนขอขอบคุณท่านอาจารย์และเพื่อน ๆ ที่ไม่ได้กล่าวนามไว้ในที่นี้ ที่ได้ช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการทำวิจัย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย .....	๔
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ .....	๑
กิตติกรรมประกาศ .....	๑
สารบัญ .....	๒
สารบัญตาราง .....	๓
สารบัญภาพ .....	๓
สารบัญกราฟ .....	๓
คำอธิบายสัญลักษณ์ .....	๓

## บทที่

1	บทนำ	
	1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิทยานิพนธ์ .....	1
	1.2 วัตถุประสงค์ .....	4
	1.3 ขอบเขตของงาน .....	4
	1.4 ประโยชน์ .....	5
2	ทฤษฎีและการออกแบบ Reheat Coil	
	2.1 ทฤษฎี	
	2.1.1 เอนทัลปี (h) อากาศชื้น .....	6
	2.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนความชื้น (w) เอนทัลปี (h) และอัตราส่วนความร้อนสัมผัส (SHR) .....	7
	2.1.3 ขบวนการในห้องปรับอากาศ .....	9
	2.1.4 ขบวนการของระบบปรับอากาศที่ไม่มีการนำอากาศภายนอก เข้าเครื่อง .....	11
	2.1.5 ระบบปรับอากาศเมื่อห้องมีความร้อนแฝงเข้ามากหรือมี RSHRต่ำ	12

## สารบัญ ( ต่อ )

2.1.6	วัฏจักรทำความเย็นแบบอัดไอ .....	14
2.1.7	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ (Coefficient of Performance, COP) .....	15
2.1.8	การปรับปรุงค่า COP ของเครื่องปรับอากาศ โดยการลดอุณหภูมิ ของอากาศที่ระบายความร้อนเครื่องควบแน่น ( Condenser ) ...	15
2.1.9	ค่าสัมประสิทธิ์ของสมรรถนะ ( COP ) ของระบบที่มีการ Reheat โดยเครื่องควบแน่นเพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ .....	16
2.1.10	การคำนวณปริมาณความร้อนที่ Reheat Coil ระบายสู่ Control Room ของระบบที่มีการ Reheat โดยเครื่องควบแน่นเพื่อลด ความชื้นสัมพัทธ์ .....	19
2.2	การออกแบบ Reheat Coil .....	20
3	อุปกรณ์และการดำเนินการทดสอบ	
3.1	อุปกรณ์ .....	30
3.2	การดำเนินการทดสอบ .....	33
3.3	การคำนวณผลการทดสอบ .....	40
4	ผลการทดสอบ วิเคราะห์ สรุป และข้อเสนอแนะ	
4.1	ผลการทดลอง .....	41
4.2	วิเคราะห์ผลการทดลอง .....	58
4.3	สรุป .....	72
4.4	ข้อเสนอแนะ .....	74
	รายการอ้างอิง .....	76
	ภาคผนวก	
ก.	การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (ฟอร์แทรน) คำนวณ $Q_s$ , $Q_L$ , $Q_T$ , $\phi$ , COP และ $Q_R$ ของระบบ .....	78
ข.	มาตรฐานการทดสอบเครื่องปรับอากาศชนิดติดผนังห้อง .....	95
ค.	การคำนวณหาขนาดของ Reheat Coil .....	102



## สารบัญ ( ต่อ )

ง. การคำนวณขนาด Accumulator .....	111
จ. การพิจารณาความคุ้มค่าในแง่เศรษฐกิจ .....	114
ประวัติผู้วิจัย .....	117



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
4-1	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 1 ( Reheat ก่อน ผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ที่ SHR = 0.65 .....	42-43
4-2	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 2 ( Reheat หลัง ผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ที่ SHR = 0.65 .....	44-45
4-3	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 3 ระบบผสมที่ SHR = 0.65 .....	46-47
4-4	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 1 ( Reheat ก่อน ผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ที่ SHR = 0.55 .....	48-49
4-5	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 2 ( Reheat หลัง ผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ที่ SHR = 0.55 .....	50-51
4-6	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 3 ระบบผสมที่ SHR = 0.55 .....	52-53
4-7	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 1 ( Reheat ก่อน ผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ที่ SHR = 0.50 .....	54
4-8	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 2 ( Reheat หลัง ผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ที่ SHR = 0.50 .....	55-56
4-9	แสดงผลการทดลองของระบบ Reheat แบบที่ 3 ระบบผสมที่ SHR = 0.50 .....	57
4-10	แสดงเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนแปลงค่า $Q_c$ ระหว่างระบบทำงานปกติ กับการ Reheat .....	66
ข -1	แสดงขนาดของห้องวัดความร้อน .....	95
ข -2	แสดงภาวะที่ใช้ทดสอบเพื่อค่าขีดความสามารถทำความเย็น .....	97
ค - 1	คุณสมบัติของน้ำยา HCFC-22 หรือ R-22 (CHClF <sub>2</sub> ) อิมัตว .....	109
ค - 2	คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความร้อนของอากาศแห้งที่ความดันบรรยากาศ..	110

## สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1-1	แสดงระบบปรับอากาศที่มี Heat Pipe ประกอบเพื่อการประหยัดพลังงาน 2
1-2	แสดงหลักการทำงานของเครื่องลดความชื้นโดยสารดูดซับความชื้น ..... 3
2-1	แสดงขบวนการของระบบที่มี $\Delta h / \Delta w$ เท่ากัน ..... 7
2-2	แสดงแผนภูมิไซโครเมตริกเพื่อแสดงตำแหน่งบอกขนาด SHR ..... 8
2-3	แสดงขบวนการของระบบที่มี SHR เท่ากันบนแผนภูมิไซโครเมตริก ..... 9
2-4	แสดงขบวนการในห้องปรับอากาศ ..... 9
2-5	แสดงขบวนการของระบบปรับอากาศที่มีการจ่ายลมเย็นที่สภาวะที่ 1 โดยห้องมี SHR = 0.80 และได้สภาวะห้องที่สภาวะที่ 2 ..... 11
2-6	แสดงขบวนการระบบปรับอากาศที่ไม่มีการนำอากาศภายนอกเข้าเครื่อง 11
2-7	แสดงขบวนการระบบปรับอากาศเปรียบเทียบระหว่างห้องปรับอากาศที่มี RSHR ต่ำกับมี RSHR สูงบนแผนภูมิไซโครเมตริก ..... 12
2-8	แสดงขบวนการระบบปรับอากาศ กรณีจ่ายลมเย็นไม่อยู่บนเส้น RSHR ที่ตัดจุดที่ต้องการ ( จุด C ) ..... 13
2-9	แสดงขบวนการของระบบปรับอากาศที่มีการ Reheat ระบบ กรณีที่ห้องปรับอากาศมี RSHR ต่ำ ..... 13
2-10	แผนภาพวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ ..... 14
2-11	แผนภาพ P - h ของวัฏจักรเครื่องปรับอากาศแบบอัดไอ ..... 14
2-12	แสดงวงจรระบบปรับอากาศที่มี Reheat Coil เพื่อลดความชื้นสัมพัทธ์ . 16
2-13	แผนภูมิ P-h ของระบบปรับอากาศปกติทั่วไป ..... 17
2-14	แสดงวัฏจักรของระบบปรับอากาศที่มี Reheat Coil บนแผนภูมิ P-h .. 18
2-15	แสดงขบวนการของอากาศที่ไหลผ่าน Fan Coil Unit บนแผนภูมิไซโครเมตริก ..... 19
2-16	แสดงลักษณะรูปร่างชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ..... 21
2-17	แสดงรัศมีเทียบเท่าของแผ่นครีบริปูสี่เหลี่ยมผืนผ้า ..... 22

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2-18	กราฟแสดงประสิทธิภาพแผ่นครีบกลมของ Karl A. Gardner ..... 23
2-19	แสดงลักษณะของแผ่นครีบกในการถ่ายเทความร้อนของเครื่องควบแน่น 24
2-20	แสดงการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของเครื่องควบแน่น ..... 29
3-1	แสดงรายละเอียด Fan Coil Unit ..... 31
3-2	แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบปรับอากาศแบบปกติ (ไม่มี Reheat ระบบ) ..... 33-34
3-3	แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบ Reheat แบบที่ 1 ( Reheat ก่อนผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ..... 34-35
3-4	แสดงวงจรควบคุมการทำงานของระบบ Reheat แบบที่ 2 ( Reheat หลังผ่านการระบายความร้อนที่ Condenser ) ..... 35-36
3-5	แสดงอุณหภูมิจุดต่าง ๆ ในวัฏจักรการทำความเย็น ..... 39
4-1	แสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงสภาวะภายในห้องปรับอากาศ บนแผนภูมิไซโครเมตริกของระบบ 1 ที่ $SHR = 0.55$ ..... 63
4-2	แสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงสภาวะภายในห้องปรับอากาศ บนแผนภูมิไซโครเมตริกของระบบ 2 ที่ $SHR = 0.55$ ..... 63
4-3	แสดงทิศทางการเปลี่ยนแปลงสภาวะภายในห้องปรับอากาศ บนแผนภูมิไซโครเมตริกของระบบ 3 ที่ $SHR = 0.55$ ..... 64
4-4	แสดงวัฏจักรของระบบปรับอากาศทั้ง 3 ระบบบนแผนภูมิ P-h ( จากข้อมูลการทดลองของระบบผสมที่ $SHR = 0.65$ ) ..... 67
4-5	แสดงขบวนการทำความเย็นของระบบ Reheat แบบที่ 1 ที่ $SHR = 0.55$ บนแผนภูมิไซโครเมตริก ..... 75
ข -1	แสดงห้องทดสอบโดยวิธี Calorimeter - type Air Enthalpy ..... 96
ข -2	แสดงเครื่องวัดอัตราการไหลของอากาศ ..... 99
ข -3	แสดงห้องทดสอบสำหรับวัดอัตราการจ่ายอากาศ..... 100

## สารบัญญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ค -1 ลักษณะของชุดแลกเปลี่ยนความร้อน ( Reheat Coil ) .....	102



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญญกราฟ

กราฟที่		หน้า
4-1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 1 ที่ $SHR = 0.65$ .....	58
4-2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 2 ที่ $SHR = 0.65$ .....	59
4-3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 3 ที่ $SHR = 0.65$ .....	59
4-4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 1 ที่ $SHR = 0.55$ .....	60
4-5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 2 ที่ $SHR = 0.55$ .....	60
4-6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 3 ที่ $SHR = 0.55$ .....	61
4-7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 1 ที่ $SHR = 0.50$ .....	61
4-8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 2 ที่ $SHR = 0.50$ .....	62
4-9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของระบบ 3 ที่ $SHR = 0.50$ .....	62
4-10	แสดงค่า $Q_T$ เฉลี่ยของระบบต่าง ๆ ที่ $SHR = 0.65$ .....	65
4-11	แสดงค่า $Q_T$ เฉลี่ยของระบบต่าง ๆ ที่ $SHR = 0.55$ .....	65
4-12	แสดงค่า $Q_T$ เฉลี่ยของระบบต่าง ๆ ที่ $SHR = 0.50$ .....	66
4-13	แสดงค่า COP เฉลี่ยของระบบต่าง ๆ ที่ $SHR = 0.65$ .....	70
4-14	แสดงค่า COP เฉลี่ยของระบบต่าง ๆ ที่ $SHR = 0.55$ .....	70
4-15	แสดงค่า COP เฉลี่ยของระบบต่าง ๆ ที่ $SHR = 0.50$ .....	71

## คำอธิบายสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
a	ระยะห่างระหว่างท่อในแนวนอนของ Reheat Coil	( m )
A	พื้นที่ผิวรวมของการถ่ายเทความร้อน	( m <sup>2</sup> )
A <sub>F</sub>	พื้นที่ผิวของแผ่นครีบต่อหน่วยความยาวของ Reheat Coil	( m <sup>2</sup> )
A <sub>n</sub>	พื้นที่หน้าตัดรวมของ nozzle	( m <sup>2</sup> )
A <sub>o</sub>	พื้นที่ผิวรวมด้านนอกที่สัมผัสอากาศต่อหน่วยความยาว	( m <sup>2</sup> )
A <sub>p,i</sub>	พื้นที่ผิวด้านในของท่อต่อหน่วยความยาวของ Reheat Coil	( m <sup>2</sup> )
A <sub>p,m</sub>	พื้นที่ผิวเฉลี่ยของท่อต่อหน่วยความยาวของ Reheat Coil	( m <sup>2</sup> )
A <sub>p,o</sub>	พื้นที่ผิวด้านนอกของท่อระหว่างแผ่นครีบต่อหน่วยความยาว	( m <sup>2</sup> )
A <sub>v</sub>	ค่าอัตราการไหลของลม ( ปริมาตร ) ผ่าน nozzle	[ m <sup>3</sup> /s ]
c	ระยะห่างระหว่างท่อในแนวตั้งของ Reheat Coil	( m )
Cd	ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของลมผ่าน nozzle	
d	ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของ nozzle	( m )
F <sub>i</sub>	จำนวนแผ่นครีบต่อความยาวหนึ่งนิ้ว	
G <sub>i</sub>	อัตราการไหลเชิงมวลต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของสารทำความเย็นเหลว	[ kg/m <sup>2</sup> .s ]
h <sub>1</sub>	เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าเครื่องอัดไอ	[ kJ/kg ]
h <sub>2</sub>	เอนทัลปีของสารทำความเย็นหลังจากผ่านเครื่องอัดไอ	[ kJ/kg ]
h <sub>4</sub>	เอนทัลปีของสารทำความเย็นก่อนเข้าคอยล์เย็น	[ kJ/kg ]
h <sub>a</sub>	เอนทัลปีของอากาศ	[ kJ/kg ]
h <sub>A</sub>	เอนทัลปีของอากาศก่อนเข้า Fan Coil Unit	[ kJ/kg ]
h <sub>B</sub>	เอนทัลปีของอากาศหลังผ่าน Evaporator	[ kJ/kg ]
h <sub>B'</sub>	เอนทัลปีของอากาศหลังผ่าน Fan Coil Unit	[ kJ/kg ]
h <sub>c,o</sub>	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมด้านอากาศ	[ W/m <sup>2</sup> .°C ]
h <sub>c,o,F</sub>	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศของแผ่นครีบ	[ W/m <sup>2</sup> .°C ]
h <sub>c,o,p</sub>	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนด้านอากาศของท่อ	[ W/m <sup>2</sup> .°C ]



## คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$h_f$	เอนทัลปีของน้ำ	[ kJ/kg ]
$h_i$	สัมประสิทธิ์การพาความร้อนด้านน้ำยา	[ W/m <sup>2</sup> .°C ]
$h_v$	เอนทัลปีของไอน้ำ	[ kJ/kg ]
$k_a$	ค่าการนำความร้อนของอากาศ	[ W/m .°C ]
$k_{al}$	ค่าการนำความร้อนของวัสดุแผ่นครีบบะลูมิเนียม	[ W/m .°C ]
$k_f$	ค่าการนำความร้อนของสารทำความเย็นเหลว	[ W/m .°C ]
$k_p$	ค่าการนำความร้อนของท่อทองแดง	[ W/m .°C ]
$\dot{m}_a$	อัตราการไหลเชิงมวลของอากาศ	[ kg/s ]
$\dot{m}_r$	อัตราการไหลเชิงมวลของสารทำความเย็น	[ kg/s ]
$N$	จำนวน nozzle ในชุดทดลอง	( Pcs. )
$N_R$	จำนวนแถวของ Reheat Coil ในแนวตั้ง	
$N_T$	จำนวนท่อต่อแถวของ Reheat Coil	
$P_{atm}$	ค่าความดันบรรยากาศ ณ. จุดคำนวณ	( Pa )
$q$	ความร้อนในการควบแน่นต่อหนึ่งหน่วยสารทำความเย็น	[ kJ/kg ]
$Q_L$	ปริมาณความร้อนแฝง	( W )
$Q_S$	ปริมาณความร้อนสัมผัส	( W )
$Q_T$	ขนาดการทำความเย็น ( cooling capacity )	( W )
$Q_R$	ค่าปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทให้ระบบโดย Reheat Coil	( W )
$s$	ระยะห่างของแผ่นครีบบของ Reheat Coil	( m )
$s_d$	ระยะความสูงจากฐานถึงยอดของแผ่นครีบบแบบคลื่น	( m )
$s_p$	ระยะครึ่งความยาวของแผ่นครีบบแบบคลื่น	( m )
$T_{a_i}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งเข้า Fan Coil Unit	( °C )
$T_{a_o}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งออกจาก Fan Coil Unit	( °C )
$T_c$	อุณหภูมิภายในเครื่องควบแน่น ( condenser )	( °C )



## คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$T_e$	อุณหภูมิภายในคอยล์เย็น ( evaporator )	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{reh.}$	อุณหภูมิภายใน Reheat Coil	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{db1}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศเข้า Fan Coil Unit	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{db2}$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศออกจาก Fan Coil Unit	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{db}^*$	อุณหภูมิกระเปาะแห้งของอากาศก่อนไหลเข้า Reheat Coil	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{wb1}$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศเข้า Fan Coil Unit	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{wb2}$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศออกจาก Fan Coil Unit	( $^{\circ}\text{C}$ )
$T_{wb}^*$	อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศก่อนไหลเข้า Reheat Coil	( $^{\circ}\text{C}$ )
$U_{fr}$	ความเร็วอากาศหน้าคอยล์	[ m/s ]
$U_m$	ความเร็วของอากาศเฉลี่ย	[ m/s ]
$U_o$	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเครื่องควบแน่น	[ $\text{W}/\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}$ ]
$V_d$	ค่าปริมาตรจำเพาะ ( dry air standard )	[ $\text{m}^3/\text{kg}_{da}$ ]
$V_{dn}$	ค่าความหนืดสมบูรณ์ของอากาศผ่าน nozzle	[ $\text{m}^2/\text{s}$ ]
$V_w$	ค่าปริมาตรจำเพาะ ( wet air standard ) ณ. จุดคำนวณ	[ $\text{m}^3/\text{kg}$ ]
$V_x$	ค่าความเร็วลมไหลผ่าน nozzle	[ m/s ]
$W_c$	กำลังที่ใช้ในเครื่องอัดไอ	( W )
$X_n (w)$	ค่าอัตราส่วนความชื้น ณ. จุดคำนวณ	[ $\text{kg}/\text{kg}_{da}$ ]
$X_p$	ความหนาของท่อทองแดง	( m )
$y$	ครึ่งของความหนาของแผ่นครีป	( m )
$Y_{ex}$	ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวของลมผ่าน nozzle	
$G_z$	ค่าตัวเลขเกรทซ์	
$Nu_D$	ค่าตัวเลขนัสเซลท์ที่หาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ	
$Pr$	ค่าตัวเลขแพรนด์เติลของอากาศ	
$Re$	ค่าตัวเลขเรย์โนลด์	

## คำอธิบายสัญลักษณ์ (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
$Re_D$	ค่าตัวเลขเรโนลด์ที่หาจากเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อ	
$D_H$	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกที่ความเร็วอากาศเฉลี่ย	( m )
$\Delta P_n$	ค่าผลต่างของความดันตกคร่อม nozzle	( Pa )
$\Delta T_m$	ผลต่างอุณหภูมิเฉลี่ยแบบลอการิทึม	( °C )
$\phi$	ประสิทธิภาพของแผ่นครีป	
$\rho_a$	ค่าความหนาแน่นอากาศ	[ kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_l$	ค่าความหนาแน่นของน้ำยาเหลว	[ kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_v$	ค่าความหนาแน่นของไอน้ำยา	[ kg/m <sup>3</sup> ]
$\mu_a$	ค่าความหนืดของอากาศ	[ N-s/m <sup>2</sup> ]
$\mu_l$	ความหนืดของน้ำยาเหลว	[ N-s/m <sup>2</sup> ]
$\mu_b$	ค่าความหนืดของน้ำยาที่หาจากอุณหภูมิเฉลี่ยของของไหล	[ N-s/m <sup>2</sup> ]
$\mu_s$	ค่าความหนืดของน้ำยาที่หาจากอุณหภูมิเฉลี่ยของผิวท่อ	[ N-s/m <sup>2</sup> ]
$\sigma$	Contraction Ratio	