

การจัดการการใช้พื้นที่ภายในอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็น
: กรณีศึกษาอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นายกรุง กุลชาติ



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาสถาปัตยกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-752-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**SPACE UTILIZATION MANAGEMENT FOR COOLING LOAD SHARING
: A CASE STUDY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY BUILDINGS**

Mr.Krung Kullachart

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Architecture

Department of Architecture

Graduate School

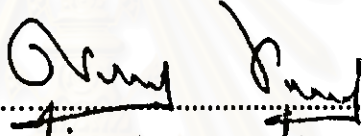
Chulalongkorn University

Academic Year 1996

ISBN 974-636-752-8


หัวข้อวิทยานิพนธ์ : การจัดการการใช้พื้นที่ภายในอาคารเพื่อลดภาวะการทำความเย็น
: กรณีศึกษาอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
โดย : นายกรุง กุลชาติ
ภาควิชา : สถาปัตยกรรมศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงศ์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : รองศาสตราจารย์ ดร. สุนทร บุญญาธิการ

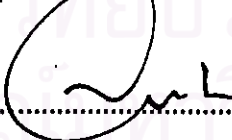
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์คู่ภววัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.เลอสม สถาปิตานนท์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธนิต จินดาวงศ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ)


..... กรรมการ
(อาจารย์พิรัช เหล่าไพศาลศักดิ์)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

กรุง กุลชาติ : การจัดการการใช้พื้นที่ภายในอาคารเพื่อลดภาระการทำความเย็น : กรณีศึกษาอาคารของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (SPACE UTILIZATION MANAGEMENT FOR COOLING LOAD SHARING : A CASE STUDY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY BUILDINGS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ธนิต จินดาวงศ์, รศ. ดร.สุนทร บุญญาธิการ, 173 หน้า, ISBN 974-636-752-8

การวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาภาระการทำความเย็นของห้องต่างๆในอาคาร เพื่อหาแนวทางในการจัดการการใช้พื้นที่ภายในอาคาร ให้สามารถลดขนาดโดยรวมของเครื่องปรับอากาศ และลดภาระการทำความเย็น โดยศึกษาจากพื้นที่บางส่วนของอาคารครุศาสตร์ และอาคารศึกษานานาชาติของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นกรณีศึกษา

ระเบียบวิธีวิจัย ใช้วิธีการตรวจสอบอาคารที่ศึกษา โดยการวัดค่าอุณหภูมิจากแหล่งความร้อนในตำแหน่งต่างๆของตัวอย่างห้อง แล้วนำไปคำนวณหาภาระการทำความเย็นของแต่ละห้อง และภาระการทำความเย็นโดยรวม โดยวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกรณีของทั้งสองอาคาร สำหรับความเหมาะสมในการลดขนาดเครื่องปรับอากาศ เมื่อมีการใช้ระบบร่วมกัน พบว่า กรณีของอาคารศึกษานานาชาติ สามารถที่จะลดขนาดของระบบปรับอากาศโดยรวมลงได้มากกว่า เนื่องจากการใช้งานพื้นที่อาคารที่แตกต่างกัน และภาระการทำความเย็นสูงสุดของแต่ละห้องที่เกิดขึ้นในเวลาไม่ตรงกัน จึงได้เลือกศึกษาห้องของอาคารศึกษานานาชาติ ในการวิเคราะห์ค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของแต่ละห้อง และในกรณีที่ใช้ระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางร่วมกัน

ผลของการวิจัยพบว่าในการใช้งานจริง ค่าภาระการทำความเย็นโดยรวมของอาคารศึกษานานาชาติ ที่เกิดขึ้นจะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้ออกแบบไว้(ในแต่ละห้องจะติดตั้งเครื่องปรับอากาศที่มีขนาดสูงกว่าการใช้งานจริงโดยทั่วไป) ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงระบบให้สามารถใช้ร่วมกัน จะทำให้ลดขนาดระบบปรับอากาศโดยรวมลงได้ประมาณ 40 เปอร์เซ็นต์ และลดการใช้พลังงานลงประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบปรับอากาศแบบส่วนกลางจะมีค่าที่สูงขึ้น รวมทั้งการจัดการการใช้พื้นที่ภายในอาคารให้มีความสอดคล้องกับการเกิดภาระการทำความเย็นในแต่ละช่วงเวลา โดยการหลีกเลี่ยงที่จะใช้งานในเวลาที่เกิดภาระการทำความเย็นที่สูง ซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงาน และลดค่าภาระการทำความเย็นสูงสุดของระบบปรับอากาศรวมได้อีกส่วนหนึ่ง จากผลของการวิจัยนี้ จะเป็นประโยชน์ในการกำหนดแนวทางการปรับปรุงอาคาร ให้สามารถลดขนาดของระบบปรับอากาศโดยรวม และลดการใช้พลังงานของอาคารลงได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์
สาขาวิชา เทคโนโลยีอาคาร
ปีการศึกษา 2539

ลายมือชื่อนิติ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C835121 : MAJOR ARCHITECTURE

KEY WORD: : COOLING LOAD SHARING/SHARE LOAD

KRUNG KULLACHART : SPACE UTILIZATION MANAGEMENT FOR COOLING
LOAD SHARING : A CASE STUDY OF CHULALONGKORN UNIVERSITY
BUILDINGS. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. THANIT CHINDAVANIG,
ASSO. PROF. SOONTORN BOONYATIKARN, Ph.D. 173 pp.
ISBN 974-636-752-8

The objective of this research was to study cooling load in different rooms of buildings. It was expected that the information obtained could be utilized in space utilization management in order to reduce a total size and cooling load of air conditioner. The case study for this research was part of the buildings of Chulalongkorn University, the Faculty of Education Building and Chulalongkorn University Education Center Building.

The methodology of the research was conducted by investigating sample rooms in those buildings. The actual temperature from heat sources in the rooms of those buildings was measured and recorded for cooling load calculation of each room and for total cooling load calculation. The results analysed the comparative effect of the buildings in order to reduce the size of air conditioning system by using a central air conditioning system. The result showed that in the case of Chulalongkorn University Education Center Building the total size of the air conditioning system could be reduced more than the other one due to different space utilization and different periods when peak load occurs in each room. Through this process, a part of Chulalongkorn University Education Center Building was selected as a case study for the analysis of peak load in each room, including those using sharing cooling load by a central air conditioning system.

The research reveals that the actual total cooling load of the Chulalongkorn University Education Center Building studied is lower than the cooling load designed. (air conditioners are oversized in the rooms). From the study, sharing cooling load by a central air conditioning system can reduce the total size of the split type air conditioners by approximately 40% and since the coefficient of performance of a central air conditioning system is better than that of the split type system, the total energy consumption for the system can be reduced approximately 45%. Furthermore, correct space utilization management which avoids operating the system during peak load times, can also reduce energy consumption and peak load of the central system. The result of this research will be a guide line to retrofit a building with an appropriate cooling load sharing, which will reduce the total size of the air conditioning system and energy consumption.

ภาควิชา.....สถาปัตยกรรมศาสตร์

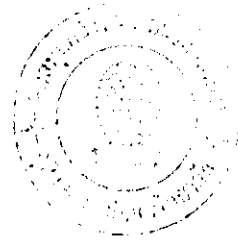
สาขาวิชา.....เทคโนโลยีอาคาร

ปีการศึกษา.....2539

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี จากความกรุณาของผู้ช่วยศาสตราจารย์ ธานี จินดาวงศ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.สุนทร บุญญาธิการ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำปรึกษา ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการวิจัย นอกจากนี้ยังได้รับความกรุณาเป็นอย่างยิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.เลอสม สถาปิตานนท์ และ อาจารย์พิริศ เหล่าไพศาลศักดิ์ ซึ่งเป็นคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ทั้งนี้รวมถึงพี่ร่วมรุ่นทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ เป็นกำลังใจกันมาตลอด และเงินทุนวิจัยบางส่วนจากบัณฑิตวิทยาลัย

จึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่เกี่ยวข้อง มา ณ. โอกาสนี้ด้วย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ญ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 สมมุติฐานการวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.5 ระเบียบวิธีวิจัย	5
1.6 ประโยชน์ที่จะได้รับ	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและแนวความคิดที่เกี่ยวข้อง	9
2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับความร้อนอันเนื่องจากรังสีดวงอาทิตย์	9
2.2 ทฤษฎีการถ่ายเทความร้อน	13
2.3 อิทธิพลที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนของผนังอาคาร	21
2.4 การคำนวณปริมาณความร้อนที่ผ่านเข้าออกอาคาร	24
2.5 อิทธิพลของความร้อนที่เกิดจากแสงแดด	25
2.6 ตำแหน่งและทิศทางของดวงอาทิตย์ที่มีอิทธิพลต่อความร้อนของอาคาร.....	26
2.7 ทฤษฎีเกี่ยวกับการปรับอากาศ	35
2.8 การคำนวณภาระการทำความเย็น.....	40
2.9 การวัดค่าการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ	52
บทที่ 3 ลักษณะกายภาพของอาคารและเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	55
3.1 อาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	55
3.2 อาคารการศึกษานานาชาติ	56
3.3 อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ ในการวิจัย	75

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูลและพิสูจน์สมมติฐาน	78
4.1 การระการทำคามเย็นของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	78
4.1.1 การระการทำคามเย็นของห้องกรณีศึกษา.....	78
ห้องด้านตะวันออก(ห้อง 802).....	86
ห้องด้านตะวันตก(ห้อง 807).....	91
4.1.2 Cooling load sharing ของห้อง 802 และห้อง 807.....	97
4.2 การระการทำคามเย็นของอาคารการศึกษานานาชาติ.....	103
4.2.1 การระการทำคามเย็นของห้องกรณีศึกษา.....	103
ห้องด้านตะวันออก(ห้อง 1245).....	104
ห้องด้านตะวันตก(ห้อง 1209).....	116
4.2.2 Cooling load sharing ของห้อง 1245 และห้อง 1209.....	123
4.3 การจัดการการใช้พื้นที่ด้วยวิธี Cooling load sharing และOccupancy Schedule..	128
4.5.1 กรณีที่แยกระบบปรับอากาศของแต่ละห้อง.....	128
4.5.2 กรณีการจัดการการใช้พื้นที่	132
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	153
5.1 บทสรุป	153
5.2 ข้อเสนอแนะ	163
รายการอ้างอิง	172
ภาคผนวก ก. ตารางแสดงค่าที่ใช้ในการคำนวณ	174
ภาคผนวก ข. ตัวอย่างแบบสอบถามการใช้อาคาร	195
ภาคผนวก ค. ตารางการบันทึกข้อมูล	198
ภาคผนวก ง. ตัวอย่างตารางการคำนวณการระการทำคามเย็น	203
ภาคผนวก จ. อุณหภูมิอากาศของกรุงเทพฯ ปี 2538 ที่ใช้ในการคำนวณแต่ละเดือน	258
ประวัติผู้เขียน	261

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่า CLTD สำหรับคำนวณ Cooling load ของหลังคาแบนราบ ที่ถูกแสงแดด	175
ตารางที่ 2.2 แสดงค่า CLTD สำหรับคำนวณ Cooling load ของผนังที่ถูกแสงแดด.....	176
ตารางที่ 2.3 แสดงรายละเอียดของประเภทผนังกลุ่มต่าง ๆ	177
ตารางที่ 2.4 แสดงค่า LM สำหรับเดือน และ Latitude (LM)	178
ตารางที่ 2.5 แสดงค่า CLTD สำหรับคำนวณ Cooling load ของกระจกที่ถูกแสงแดด.....	178
ตารางที่ 2.6 แสดงค่า Maximum Solar Heat Gain Factor ของกระจกที่ถูกแสงแดด	180
ตารางที่ 2.7 แสดงค่า CLF สำหรับกระจกที่ไม่มีอุปกรณ์บังแดดด้านใน	181
ตารางที่ 2.8 แสดงค่า CLF สำหรับกระจกที่มีอุปกรณ์บังแดดด้านใน	183
ตารางที่ 2.9 แสดงค่า a และ b สำหรับ Cooling Load Factor for Lighting	184
ตารางที่ 2.10 แสดงค่า Cooling Load Factor for Lighting	185
ตารางที่ 2.11 แสดงค่า Heat Gain from Occupants of Conditions Space.....	187
ตารางที่ 2.12 แสดงค่า Sensible Heat Cooling Load Factor for People.....	188
ตารางที่ 2.13 แสดงค่า Heat Gain from Appliances	189
ตารางที่ 2.14 แสดงค่า Sensible Heat Cooling Load Factor for Appliances	191
ตารางที่ 2.15 แสดงค่าความร้อนที่เกิดจากอุปกรณ์ที่มอเตอร์ขับเคลื่อน (BTU.HR)	192
ตารางที่ 2.16 แสดงค่า Infiltration Through Windows	193
ตารางที่ 2.17 แสดงค่า Outdoor Air Requirements	194
ตารางที่ 2.18 แสดงค่า Over-all Heat Transfer Coefficient (U) for Ductwork	195

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 2.19 แสดงค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของระบบปรับอากาศ	53
ตารางที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ (ห้อง 802 และ 807).....	101
ตารางที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ (ห้อง 1245 และ 1209).....	126
ตารางที่ 4.3 แสดงการสรุปค่าต่าง ๆ ของแต่ละห้อง (กรณีที่แยกระบบปรับอากาศ).....	129
ตารางที่ 4.4 แสดง Cooling load ของแต่ละห้อง และกรณีการ Share load.....	136
ตารางที่ 4.5 แสดง Cooling load ของแต่ละห้อง และกรณีการ Share load.....	139
ตารางที่ 4.6 แสดง Cooling load ของแต่ละห้อง และกรณีการ Share load.....	142
ตารางที่ 4.7 แสดงการสรุปค่าต่าง ๆ ของแต่ละห้อง (กรณีที่แยกระบบปรับอากาศ).....	143
ตารางที่ 4.8 แสดงการสรุปขนาดเครื่องปรับอากาศของแต่ละห้อง.....	144
ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบขนาดเครื่องปรับอากาศ กรณีอาคารครุศาสตร์.....	160
ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบขนาดเครื่องปรับอากาศ กรณีอาคารการศึกษานานาชาติ.....	160
ตารางที่ 5.3 การสรุปค่าต่างๆของแต่ละห้อง และกรณีการ Share load.....	162
ตารางที่ 5.4 แสดง Cooling load ของแต่ละห้องและกรณีการ Share load	164
ตารางที่ 5.5 แสดง Cooling load ของแต่ละห้อง และกรณีการ Share load.....	166

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการนำความร้อน (Thermal Conduction) ผ่านแผ่นราบ	15
รูปที่ 2.2 แสดงการเกิด Thermal Gradient ผ่านผนังราบชั้นเดียว	15
รูปที่ 2.3 แสดงการเกิด Thermal Gradient ผ่านผนังราบสามชั้น	15
รูปที่ 2.4 แสดงการสะท้อน การดูดกลืน และการทะลุผ่านของรังสีที่ตกกระทบวัตถุ.....	18
รูปที่ 2.5 แสดงการกระจายสเปกตรัมของกำลังการแผ่รังสีของวัตถุดำ, วัตถุธา และที่ไม่ใช่วัตถุธา	18
รูปที่ 2.6 แสดงสภาพการแผ่รังสีของวัตถุ (ค่า ϵ แปรตามอุณหภูมิ)	20
รูปที่ 2.7 แสดงการถ่ายเทความร้อนแบบผสมของแผ่นราบ	22
รูปที่ 2.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า Heat gain ของผนังอิฐในทิศต่าง ๆ	27
รูปที่ 2.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า Heat gain ของผนัง Light weight (EIFS) ในทิศต่าง ๆ	27
รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบค่าอุณหภูมิผิวของผนังภายใน ในทิศต่าง ๆ	29
รูปที่ 2.11 แสดงปริมาณ Cooling load ภายในอาคารที่ผ่านกระจก ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้	30
รูปที่ 2.12 แสดงปริมาณ Cooling load ภายในอาคารที่ผ่านกระจก ด้านทิศตะวันตกเฉียงใต้	30
รูปที่ 2.13 แสดงปริมาณ Cooling load ภายในอาคารที่ผ่านผนังกระจกทั้งสองด้าน	32
รูปที่ 2.14 แสดงค่าอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่มีหน้าต่างในแต่ละทิศ (ไม่มีการระบายอากาศแต่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน)	33
รูปที่ 2.15 แสดงค่าอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่มีหน้าต่างในแต่ละทิศ (ไม่มีการระบายอากาศแต่มีอุปกรณ์บังแดดภายใน)	33
รูปที่ 2.16 แสดงค่าอุณหภูมิภายในห้องทดลองที่มีหน้าต่างในแต่ละทิศ (มีการระบายอากาศและมีอุปกรณ์บังแดดภายนอก)	34
รูปที่ 2.17 แสดงค่าอุณหภูมิสมประสงค์ (Effective Temperature)	36
รูปที่ 2.18 แสดงค่าอุณหภูมิสมประสงค์สำหรับอากาศนิ่ง	36
รูปที่ 2.19 แสดงกระบวนการปรับอากาศเบื้องต้น	38

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.20 แสดงผลของ Thermal Storage ในการเกิด Cooling load ของอุปกรณ์ไฟฟ้า.....	48
รูปที่ 3.1 แผนที่สังเขปบริเวณอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	57
รูปที่ 3.2 ผังบริเวณอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	58
รูปที่ 3.3 รูปด้านทิศเหนือของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	59
รูปที่ 3.4 รูปด้านทิศใต้ของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	60
รูปที่ 3.5 รูปด้านทิศตะวันออกของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	61
รูปที่ 3.6 รูปด้านทิศตะวันตกของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	62
รูปที่ 3.7 รูปตัดตามขวางของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	63
รูปที่ 3.8 รูปตัดตามยาวของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	64
รูปที่ 3.9 ผังพื้นที่ชั้นที่ 8 ของอาคารครุศาสตร์ทดแทน 3	65
รูปที่ 3.10 ผังบริเวณอาคารการศึกษานานาชาติ	66
รูปที่ 3.11 รูปด้านทิศเหนือของอาคารการศึกษานานาชาติ	67
รูปที่ 3.12 รูปด้านทิศใต้ของอาคารการศึกษานานาชาติ	68
รูปที่ 3.13 รูปด้านทิศตะวันออกของอาคารการศึกษานานาชาติ	69
รูปที่ 3.14 รูปด้านทิศตะวันตกของอาคารการศึกษานานาชาติ	70
รูปที่ 3.15 รูปตัดตามยาวของอาคารการศึกษานานาชาติ	71
รูปที่ 3.16 รูปตัดตามขวางของอาคารการศึกษานานาชาติ	72
รูปที่ 3.17 ผังพื้นที่แสดงการใช้พื้นที่ของคณะพยาบาลศาสตร์	73
รูปที่ 3.18 ผังพื้นที่ชั้นที่ 12 ของอาคารการศึกษานานาชาติ (คณะพยาบาลศาสตร์).....	74
รูปที่ 3.19 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ Microprocessor Thermometer	76
รูปที่ 3.20 สายวัดอุณหภูมิ Thermo Couple Type "J"	76
รูปที่ 3.21 เครื่องมือวัดรังสีดวงอาทิตย์ Incident Solar Energy	77
รูปที่ 3.22 เครื่องมือวัดความชื้น Hygro-Thermometer	77
รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนัง และกระจกห้อง 802.....	80
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของห้อง 802.....	81
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนัง และกระจกห้อง 807.....	82
รูปที่ 4.4 แสดงค่าอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ของห้อง 807.....	83

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.5 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง 802 และห้อง 807.....	84
รูปที่ 4.6 แสดงค่าอัตราส่วนความชื้นของห้อง 802 และห้อง 807.....	85
รูปที่ 4.7 ภาพการทำความเย็นจากภายนอกของห้อง 802 เดือนกุมภาพันธ์	87
รูปที่ 4.8 ภาพการทำความเย็นจากภายในของห้อง 802 เดือนกุมภาพันธ์	90
รูปที่ 4.9 ภาพการทำความเย็นของห้อง 802	92
รูปที่ 4.10 ภาพการทำความเย็นจากภายนอกของห้อง 807 เดือนกุมภาพันธ์	93
รูปที่ 4.11 ภาพการทำความเย็นจากภายในของห้อง 807 เดือนกุมภาพันธ์	96
รูปที่ 4.12 ภาพการทำความเย็นของห้อง 807	98
รูปที่ 4.13 แสดงกราฟเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของห้อง 802 และห้อง 807.....	99
รูปที่ 4.14 แสดงการรวมภาระการทำความเย็นของห้อง 802 และห้อง 807.....	100
รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ.....	102
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของผนังกันห้อง 1245.....	105
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของห้อง 1245.....	106
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิผิวภายในของห้อง 1209.....	107
รูปที่ 4.19 แสดงค่าอุณหภูมิผิวของผนังกันห้อง 1209.....	108
รูปที่ 4.20 แสดงค่าความชื้นสัมพัทธ์ของห้อง 1245 และห้อง 1209.....	109
รูปที่ 4.21 แสดงค่าอัตราส่วนความชื้นภายในห้อง 1245 และห้อง 1209.....	110
รูปที่ 4.22 แสดงภาระการทำความเย็นจากภายนอกของห้อง 1245.....	111
รูปที่ 4.23 แสดงภาระการทำความเย็นจากภายในของห้อง 1245.....	115
รูปที่ 4.24 แสดงภาระการทำความเย็นของห้อง 1245.....	117
รูปที่ 4.25 แสดงภาระการทำความเย็นจากภายนอกของห้อง 1209.....	118
รูปที่ 4.26 แสดงภาระการทำความเย็นจากภายในของห้อง 1209.....	121
รูปที่ 4.27 แสดงภาระการทำความเย็นของห้อง 1209.....	122
รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของห้อง 1245 และห้อง 1209.....	124
รูปที่ 4.29 แสดงการรวมภาระการทำความเย็นของห้อง 1245 และห้อง 1209.....	125
รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ....	127
รูปที่ 4.31 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนภายนอกของห้อง 1248.....	130

สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.32 แสดงค่าภาระการทำความเย็นจากแหล่งความร้อนภายในของห้อง 1248.....	131
รูปที่ 4.33 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของแต่ละห้อง.....	133
รูปที่ 4.34 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของแต่ละห้อง.....	140
รูปที่ 4.35 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของแต่ละห้อง.....	145
รูปที่ 4.36 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ อาคารการศึกษานานาชาติ.....	148
รูปที่ 4.37 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ อาคารการศึกษานานาชาติ.....	150
รูปที่ 4.38 แสดงลักษณะของ Cooling load sharing อาคารการศึกษานานาชาติ	152
รูปที่ 5.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของห้อง 802 และห้อง 807.....	154
รูปที่ 5.2 แสดงการเปรียบเทียบภาระการทำความเย็นของห้อง 1245 และห้อง 1209.....	156
รูปที่ 5.3 แสดงภาระการทำความเย็นจากภายในของห้อง 1245.....	157
รูปที่ 5.4 แสดงภาระการทำความเย็นจากภายในของห้อง 1209.....	157
รูปที่ 5.5 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ อาคารครุศาสตร์.....	161
รูปที่ 5.6 แสดงการเปรียบเทียบขนาดของเครื่องปรับอากาศ อาคารการศึกษานานาชาติ...	161
รูปที่ 5.7 แสดงการเปรียบเทียบ Cooling load ของแต่ละห้อง.....	165
รูปที่ 5.8 แสดงการเปรียบเทียบ Cooling load ของแต่ละห้อง.....	167