

การคำนวณภาระการทำความเย็นและการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสม



นาย เทพฤทธิ์ ทองชุบ

สถาบันวิทยบริการ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

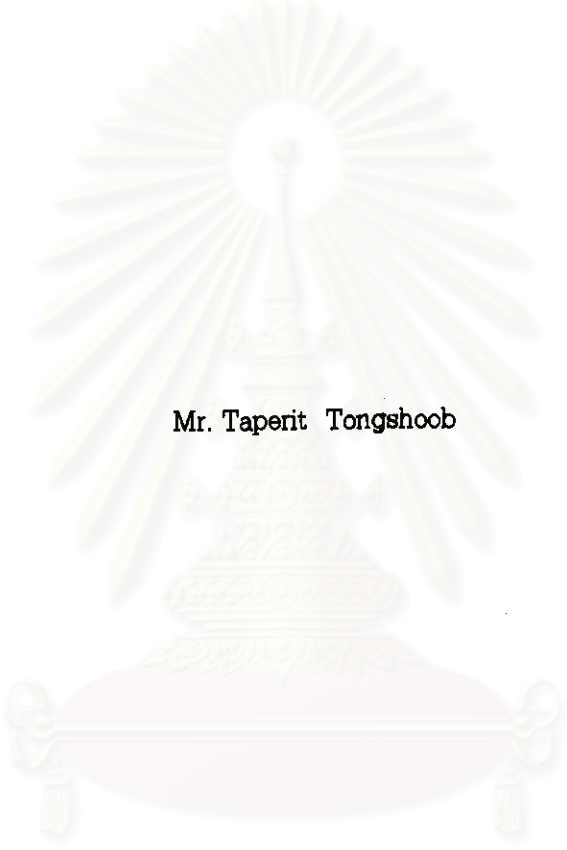
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2540

ISBN 974-638-910-6

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

COOLING LOAD CALCULATION AND SUITABLE SIZE SELECTION OF CHILLER



Mr. Taperit Tongshoob

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

Graduated School

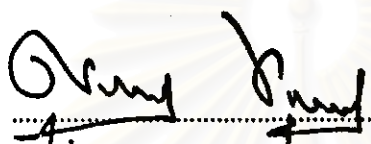
Chulalongkorn University

Academic Year 1997


ISBN 974-638-910-6

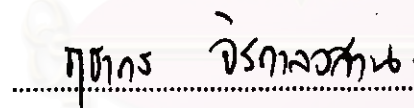
หัวข้อวิทยานิพนธ์ การคำนวณภาระการทำควมเย็นและการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสม
โดย นาย เทพฤทธิ์ ทองสุข
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต


..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ คุ้มวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


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


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เสถียร วงศ์สารเสริฐ)

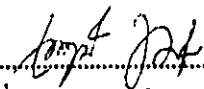
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เทพฤทธิ์ ทองชุม : การคำนวณภาระการทำความเย็นและการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสม (COOLING LOAD CALCULATION AND SUITABLE SIZE SELECTION OF CHILLER) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. อุตการ จิรกาลวสาน ; 152 หน้า. ISBN 974-638-910-6.

การคำนวณภาระการทำความเย็นและการเลือกขนาดเครื่องทำความเย็นที่เหมาะสมนั้น จะทำให้ประหยัดค่าไฟฟ้าของอาคารได้มาก เพราะค่าไฟฟ้าส่วนใหญ่ของอาคารมาจากระบบปรับอากาศ วิธีการคำนวณภาระการทำความเย็นจะต้องคำนวณได้ในทุกชั่วโมงของทุกวันในรอบปี เพื่อที่จะสามารถรู้ลักษณะภาระการทำความเย็นที่แท้จริงของอาคาร ซึ่ง Transfer Function Method เป็นวิธีที่เหมาะสมในการใช้งาน และมีการนำข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่วัดได้จริง มาใช้ในการคำนวณเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณทางทฤษฎี เพื่อให้ได้ค่าที่ได้มีค่าใกล้เคียงความเป็นจริงมากขึ้น การเลือกขนาดและการเปิด-ปิดเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสม ก็เป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าลงได้ จากเหตุผลที่กล่าวมาทำให้มีความจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูล เขียนโปรแกรม และวิเคราะห์ผลของปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณภาระการทำความเย็น การเลือกขนาดและการควบคุมเครื่องปรับอากาศของอาคาร

โปรแกรม TFM เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นจากภาษา C+ โดยมีหน้าที่คำนวณภาระการทำความเย็น โดยวิธี Transfer Function Method คำนวณอัตราการใช้ไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ เพื่อเลือกขนาดและจำนวนเครื่องปรับอากาศที่สามารถทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายที่สุด จากการใช้โปรแกรมและการวิเคราะห์ผลพบว่า การนำข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ที่วัดได้จริงมาใช้ในการคำนวณนั้น จะทำให้ค่าที่ได้มีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎี เพราะว่าในสภาพความเป็นจริงนั้นห้องที่มีได้ไปโรงโสตตลอดเวลา ทำให้ค่าที่วัดได้ในบางครั้งมีค่าลดลง การคำนวณภาระการทำความเย็นของอาคารแต่ละอาคารนั้น พบว่ามีลักษณะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับส่วนประกอบของอาคาร การทรวเวลาที่ภาระการทำความเย็นของอาคารมีค่าสูงสุด และการลดค่าภาระการทำความเย็นที่เวลาดังกล่าวได้ จะทำให้เราสามารถลดขนาดเครื่องปรับอากาศลงได้ ในการควบคุมการทำงานและการเปลี่ยนแปลงขนาดของเครื่องปรับอากาศนั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะภาระการทำความเย็นของแต่ละอาคาร ซึ่งจะมีความแตกต่างกัน การคิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดของระบบปรับอากาศ จะเป็นการศึกษาเฉพาะ ค่าเครื่องปรับอากาศและค่าไฟฟ้าเท่านั้น ส่วนค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่ากรรมติดตั้ง ค่าบำรุงรักษาและซ่อมแซม จะไม่นำมาคิด เพราะว่าเป็นค่าที่แปรผันได้ ยกต่อกรประมาณ ส่วนการคิดค่าไฟฟ้าในต้นทุนนั้นเราจะต้องแปลงค่าไฟฟ้าให้อยู่ในรูปค่าเงินปัจจุบันเสียก่อน เนื่องจากค่าไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนั้นเป็นค่าใช้จ่ายในอนาคต ซึ่งจะมีค่าน้อยกว่าค่าเงินปัจจุบัน เนื่องจากมีค่าอัตราดอกเบี้ยเข้ามาเกี่ยวข้อง แต่ค่าเครื่องปรับอากาศให้อยู่ในรูปค่าเงินปัจจุบัน ดังนั้นจึงต้องมีการแปลงค่าเงินให้อยู่ในเวลาเดียวกัน เมื่อเราสามารถเลือกขนาดและการควบคุมเครื่องปรับอากาศที่เหมาะสมได้นั้น จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าอันเป็นทรัพยากรอันมีค่าของชาติลงได้

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อุตการ จิรกาลวสาน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C716277 : MAJOR MECHANICAL ENGINEERING

KEY WORD: COOLING LOAD / CALCULATION / SUITABLE / CHILLER / SELECTION

TAPERIT TONGSHOOB : COOLING LOAD CALCULATION AND SUITABLE SIZE SELECTION OF CHILLER. THESIS AVISOR: ASSIST. PROF. REACHAKORN JIRAKARNVASAN ; 152 pp. ISBN 974-638-910-6.

Cooling load calculation and suitable size chiller selection can save electrical payment for building. Because the main electrical payment come from air-conditioning system. The accurate hourly cooling load calculation must be required. Because there will show the accurately cooling load characteristic. The Transfer function method is suitable. The calculation have been based on both real solar irradiance and theoretical irradiance for calculate accurately output. The suitable on-off chiller can save the electrical payment too. For all reasons above, we will learn, programming and discuss for the factor that influence the cooling load calculation, sizing and controlling chiller for building.

The TFM program is programming by C+ language. It can calculate cooling load by Transfer function method, calculate energy and electrical payment for air-conditioning system for select size and number of chiller that can save payment. From the result of program we can see that the use of measure solar irradiance make the output data little than the use of calculates solar irradiance. Because sometimes the sky is not clearly. The cooling load calculation for each building make difference cooling load characteristic. It depend on the component of building. If we know the time for maximum cooling load and we can reduce cooling load for that time. We can reduce the size of chiller. For air-conditioning control and sizing, It depend on the cooling load charismatic of each building. For total payment, We calculate only first cost and electrical payment. Because other payment (equipment payment, maintenance ect.) are difficult to estimate. For electrical payment, We must change the payment into the present value. Because the electrical payment in each year is the future value but the first cost is the present value. We must use the same time value. If we have suitable sizing and controlling chiller. We can save the electrical energy that be important resource of nation.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา.....2540

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ศุภกร จีระกาวชาน
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผศ. ฤชากร จิรกาลวสาน อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งคอยให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ รศ.ดร. มานิจ ทองประเสริฐ และ ผศ. เสถียร วงศ์สารเสริฐ ที่ช่วยแนะนำและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ กรมอุตุนิยมวิทยา และการไฟฟ้านครหลวง ที่ให้ข้อมูลต่าง ๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจน บริษัท เทรน และ ยอร์ด แห่ง ประเทศไทย ที่ช่วยเอื้อเฟื้อข้อมูลที่ต้องการ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา-มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงิน และให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญ	1
วัตถุประสงค์	3
ประโยชน์ที่ได้รับ	3
ขอบเขตการดำเนินงาน	4
ขั้นตอนการดำเนินงาน	4
2. ทฤษฎี	5
2.1 การคำนวณภาระการทำความเย็น โดย Transfer Function Method (TFM).....	5
ความร้อนจากภายนอกอาคาร	5
ความร้อนจากภายในอาคาร	15
ความร้อนจากการระบายและการถ่ายเทอากาศ	17
การหาค่า Roof and Wall Condition Transfer Function Coefficient (b_n , d_n and Σc_n factor)	18
2.2 การคิดค่าใช้จ่าย การเลือกจำนวน ขนาด และการควบคุมเครื่องปรับอากาศ.....	37
การคิดค่าใช้จ่าย	37
การเลือกจำนวน ขนาด และการควบคุมเครื่องปรับอากาศ	38
3. การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยใช้ โปรแกรม Transfer Function Method	40
3.1 ส่วนประกอบของโปรแกรม TFM	40
Input files	40
Execute files	43
Output files	43

3.2 ขั้นตอนการใช้โปรแกรม TFM	53
3.3 วิธีการใช้งานโปรแกรม TFM	53
4. ผลลัพธ์และการวิเคราะห์ผล	56
4.1 การเปรียบเทียบและวิเคราะห์ข้อมูลค่าการแผ่รังสีความร้อนจากแสงอาทิตย์ จากการทดลองและจากค่าที่วัดได้จริง	56
4.2 การวิเคราะห์ผลการใช้โปรแกรม Transfer Function Method	64
ตัวอย่างที่ 1.....	65
ตัวอย่างที่ 2.....	77
ตัวอย่างที่ 3.....	89
4.3 การเปรียบเทียบการคำนวณภาระการทำความเย็นโดยวิธี TFM และ CLTD	101
5. ผลสรุปและข้อเสนอแนะ	120
5.1 ผลสรุป	120
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	121
รายการอ้างอิง	122
ภาคผนวก	123
ภาคผนวก ก โปรแกรม TFM.C.....	124
ภาคผนวก ข โปรแกรม COST.C.....	143
ประวัติผู้เขียน	152

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 2.1 แสดงค่า Solar Model Coefficient (A, B, C) และ Equation of Time	13
ตาราง 2.2 แสดงค่า Transmittance and Absorptance Coefficient ของกระจก	15
ตาราง 2.3 แสดงค่า Sensible Heat Gain และ Latent Heat Gain	16
ตาราง 2.4 แสดงค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของผนังและหลังคา	19
ตาราง 2.5 แสดงค่า Roof Group Number	21
ตาราง 2.6 แสดงค่า R-value range for roof	21
ตาราง 2.7 แสดงค่า Wall Group Number	22
ตาราง 2.8 แสดงค่า R-value range for Wall	25
ตาราง 2.9 แสดงค่า Wall materials layers	25
ตาราง 2.10 แสดงค่า Roof Conduction Transfer Coefficients-(b and c factors)	26
ตาราง 2.11 แสดงค่า Roof Conduction Transfer Coefficients $\sum c_n$ and U	28
ตาราง 2.12 แสดงค่า Wall conduction Transfer Coefficients (b and c factors)	29
ตาราง 2.13 แสดงค่า Wall Conduction Transfer Coefficients $\sum c_n$ and U	31
ตาราง 2.14 แสดงค่า Conduction Transfer Coefficients (b and c factors) ของผนังที่ใช้กันในประเทศไทย	34
ตาราง 2.15 แสดงค่า Wall Conduction Transfer Coefficients $\sum c_n$ and U	35
ตาราง 2.16 แสดงค่า Conduction Transfer Coefficients (b and c factors) ของหลังคาที่ใช้กันในประเทศไทย	36
ตาราง 2.17 แสดงค่า Roof Conduction Transfer Coefficients $\sum c_n$ and U	36
ตาราง 2.18 แสดงราคาโดยประมาณของเครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ	39
ตาราง 4.1 แสดงค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จากการคำนวณทางทฤษฎี	57
ตาราง 4.2 แสดงค่าการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์ จากการวัดจริง	58
ตาราง 4.3 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ได้จากการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ทั้งสองแบบ ของตัวอย่างที่ 1	74
ตาราง 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดและระยะเวลาคุ้มทุนของการใช้ เครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ ของตัวอย่างที่ 1	75

ตาราง 4.5 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ได้จากการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ทั้งสองแบบ ของตัวอย่างที่ 2	86
ตาราง 4.6 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดและระยะเวลาคุ้มทุนของการใช้ เครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ ของตัวอย่างที่ 2	87
ตาราง 4.7 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าที่ได้จากการควบคุมเครื่องปรับอากาศ ทั้งสองแบบ ของตัวอย่างที่ 3	98
ตาราง 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทั้งหมดและระยะเวลาคุ้มทุนของการใช้ เครื่องปรับอากาศขนาดต่างๆ ของตัวอย่างที่ 3	99



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงตำแหน่งมุมต่างๆในการคำนวณการแผ่รังสีความร้อนจากดวงอาทิตย์	10
รูปที่ 3.1 แสดงไฟล์ INPUT.DAT	40
รูปที่ 3.2 แสดงไฟล์ LOAD.TXT	43
รูปที่ 3.3 แสดงไฟล์ IT.TXT	45
รูปที่ 3.4 แสดงไฟล์ SHGF.TXT	46
รูปที่ 3.5 แสดงไฟล์ OE.TXT	47
รูปที่ 3.6 แสดงไฟล์ OT.TXT	48
รูปที่ 3.7 แสดงไฟล์ POWER.DAT	49
รูปที่ 3.8 แสดงไฟล์ COST.TXT	50
รูปที่ 3.9 แสดงไฟล์ ESTIMATE.TXT	50
รูปที่ 3.10 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรม TFM.C	54
รูปที่ 3.11 แสดง Flow Chart การทำงานของโปรแกรม COST.C	55
รูปที่ 4.1 แสดงกราฟเปรียบเทียบค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากค่าที่วัดได้จริง และจากการคำนวณทางทฤษฎีของวันที่ 21 ทั้ง 12 เดือน	59
รูปที่ 4.2 แสดงภาพของอาคารในตัวอย่างที่ 1	65
รูปที่ 4.3 แสดงไฟล์ IN1.DAT	66
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากสมการทางทฤษฎี และจากค่าที่วัดได้จริง ของตัวอย่างที่ 1	68
รูปที่ 4.5 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากสมการทางทฤษฎี และจากค่าที่วัดได้จริง ของตัวอย่างที่ 1	70
รูปที่ 4.6 แสดงภาพของอาคารในตัวอย่างที่ 2	77
รูปที่ 4.7 แสดงไฟล์ IN2.DAT (ตัวอย่างที่ 2)	78
รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากสมการทางทฤษฎี และจากค่าที่วัดได้จริง ของตัวอย่างที่ 2	80
รูปที่ 4.9 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากสมการทางทฤษฎี และจากค่าที่วัดได้จริง ของตัวอย่างที่ 2	82

	หน้า
รูปที่ 4.10 แสดงภาพของอาคารในตัวอย่างที่ 3	89
รูปที่ 4.11 แสดงไฟล์ IN3.DAT	90
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากสมการทางทฤษฎี และจากค่าที่วัดได้จริง ของตัวอย่างที่ 3	92
รูปที่ 4.13 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้ค่าการแผ่รังสีจากดวงอาทิตย์ จากสมการทางทฤษฎี และจากค่าที่วัดได้จริง ของตัวอย่างที่ 3	94
รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภาวะการทำความเย็น โดยวิธี TFM และวิธี CLTD ของตัวอย่างที่ 1	101
รูปที่ 4.15 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภาวะการทำความเย็น โดยวิธี TFM และวิธี CLTD ของตัวอย่างที่ 1	103
รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภาวะการทำความเย็น โดยวิธี TFM และวิธี CLTD ของตัวอย่างที่ 2	107
รูปที่ 4.17 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภาวะการทำความเย็น โดยวิธี TFM และวิธี CLTD ของตัวอย่างที่ 2	109
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภาวะการทำความเย็น โดยวิธี TFM และวิธี CLTD ของตัวอย่างที่ 3	113
รูปที่ 4.19 แสดงกราฟเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณภาวะการทำความเย็น โดยวิธี TFM และวิธี CLTD ของตัวอย่างที่ 3	115