

การศึกษาเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับการระบายอากาศในระบบหลายห้อง



นาย สุเมธ เหมะวัฒน์ชัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-234-6

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ANALYTICAL STUDY ON A MULTI-ROOM VENTILATION



Mr. Sumet Heamawatanachai

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

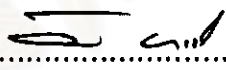
ISBN 974-334-234-6


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การศึกษาเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับการระบายอากาศในระบบหลายห้อง
โดย นาย สุเมธ เหมะวัฒนะชัย
ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วน
หนึ่ง ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

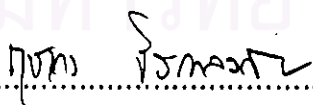
.....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปิัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัฒนา)

.....กรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เดชะอำไพ)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกุลวาน)

สมุด เหนาะวัฒนะชัย : การศึกษาเชิงวิเคราะห์เกี่ยวกับการระบายอากาศในระบบหลายห้อง
(ANALITICAL STUDY ON A MULTI-ROOM VENTILATION)
อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.ตุลย์ มณีวัฒนา, 157 หน้า . ISBN 974-334-234-6

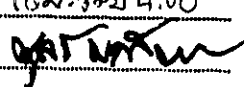
งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเชิงวิเคราะห์โดยการพัฒนาคอมพิวเตอร์โปรแกรมขึ้นเพื่อใช้คำนวณหาอัตราการระบายอากาศในระบบหลายห้อง วิธีการที่ใช้ในการคำนวณเป็นการสมมุติค่าเริ่มต้นสำหรับอัตราการไหลของอากาศขึ้นมาจุดหนึ่งก่อนจากนั้นจึงค่อยๆปรับแก้จนสมการสมดุลความดันให้ค่าที่ถูกต้อง

ผลจากการนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการวิเคราะห์การไหลของอากาศในอาคารขนาดเล็กจำนวน 3 หลัง พบว่า รูปแบบของการไหลอากาศมีได้หลายแบบ โดยเฉพาะเมื่อมีความร้อนจากการเกิดเพลิงไหม้ในห้องใดห้องหนึ่งในอาคาร ความหลากหลายของรูปแบบการไหลนี้จะไม่เกิดขึ้นหากไม่มีห้องใดห้องหนึ่งในอาคารมีความร้อนจากเพลิงไหม้เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ถึงผลจากปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อความหลากหลายรูปแบบที่เกิดขึ้น บ่งชี้ว่าความเร็วลมภายนอกอาคาร, ตำแหน่งช่องเปิด และตำแหน่งติดตั้งพัดลมระบายอากาศ เป็นปัจจัยที่มีผลต่อความหลากหลายของรูปแบบการไหลอย่างมาก โอกาสเกิดความหลากหลายรูปแบบจะมีสูงเมื่อความเร็วลมภายนอกอาคารต่ำ เมื่อความเร็วลมภายนอกอาคารมีค่าสูงโอกาสเกิดความหลากหลายจะลดลง การออกแบบตำแหน่งช่องเปิดรวมทั้งการเลือกพัดลมและตำแหน่งติดตั้งที่เหมาะสมจะทำให้สามารถควบคุมการไหลของอากาศได้ ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำผนังอาคารจะมีผลต่อความหลากหลายรูปแบบน้อยมาก

ขอบเขตของการวิจัยนี้ มิได้รวมถึงการค้นหาตัวบ่งชี้ว่าในกรณีที่เกิดความหลากหลาย ดัชนีอะไรจะสามารถใช้เป็นตัวบ่งชี้ว่าค่าตอบใดจะมีโอกาสเกิดขึ้นจริงในธรรมชาติ

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต ๗๑๖๖ (๒๕๔๖) ๔.๐๐
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม -

3972238621 : MAJOR ENGINEERING

KEY WORD : MULTI-ROOM VENTILATION / SMOKE CONTROL / AIR FLOW IN BUILDING

SUMET HEAMAWATANACHAI : ANALYTICAL STUDY ON A MULTI-ROOM
VENTILATION THESIS ADVISOR : Dr. TUL MANEEWATTANA,

Ph.D.157 pp. ISBN 974-334-234-6

This research is an analytical study by developing a computer program for calculating a multi-room ventilation. The calculation method is by assuming the initial set of airflow rate and adjusting them bit by bit until the pressure equation satisfies.

The results from using this computer program for analyzing airflow in three small buildings found that the variety of ventilation form can occur especially when there is a heat supply from fire at a room in the building. The variety of form will not occur if there is no heat supply in a room.

Analysis for the factors that effect the occurrence of form indicate that wind velocity outside building, opening position and installed position of ventilating fan are major factor greatly effect the variety of form. Probability for the occurrence of the variety of form is high when the velocity of outside wind is low. When the velocity of outside wind is high, the probability of occurrence of variety of form will be decreased. Design for the position of the opening and the selection of the fan and the suitable installation could help control the airflow. However the thermal conductivity of the building material has a very little effect on variety of form.

Scope of this research does not include finding the index that could be used to indicate which answer could actually occur in nature.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเครื่องกล.....
ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ศิวะ (๒๕๔) วิเศษ น.ชัย.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ประสบความสำเร็จไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ ดร. ตฤย์ มณีวัฒนาก (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์) รองศาสตราจารย์วิทยา ยงเจริญ (ประธาน กรรมการวิทยานิพนธ์) ศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ เฑาะอำไพ (กรรมการวิทยานิพนธ์) และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ฤชากร จิรกาลวสาน (กรรมการวิทยานิพนธ์) ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและแนวทางในการวิจัยตลอดมา รวมทั้งเพื่อนนิสิตปริญญาโททุกคน ที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ คุณแม่ ,คุณพ่อ ,คุณน้า ,คุณครูทุกท่าน ซึ่งคอยให้กำลังใจและเป็นรากฐานของความสำเร็จของผู้วิจัยในวันนี้



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มา	1
1.2 วัตถุประสงค์	4
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	4
1.4 ประโยชน์ที่จะได้รับ	4
1.5 ผลงานวิจัยในอดีต	5
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 การสร้าง Incident matrix และ Loop matrix	6
2.1.1 การสร้างเมตริกแสดงลักษณะการเชื่อมต่อของห้องและทิศการไหลข้างอิง ผ่านช่องเปิดต่างๆ (Incident matrix)	7
2.1.2 การสร้างเมตริกแสดงทิศข้างอิงของวงรอบการไหลของอากาศผ่านช่องเปิด (Loop matrix)	8
2.1.3 การสร้างเมตริกแสดงการเชื่อมต่อพัดลมเข้ากับอาคาร (Fan incident Matrix)	9
2.1.4 การสร้างเมตริกแสดงทิศข้างอิงของวงรอบการไหลของพัดลม (Fan loop matrix)	10
2.2 สมการสมดุลการไหล (Mass flow rate balance equation)	10
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่าง Opening mass flow rate และ Loop mass flow rate ...	12
2.4 สมการสมดุลความดันตกครบวงรอบ (Loop pressure balance equation).....	12
2.4.1 การหาความดันตกครบช่องเปิด (Pressure drop at opening)	12
2.4.2 การหาความดันแตกต่างระหว่างช่องเปิดจากแรงลอยตัวของอากาศในห้อง .	13
2.4.3 การหาความดันแตกต่างระหว่างช่องเปิดที่ติดต่อกับภายนอกอาคาร	13

	หน้า
2.5 การคำนวณความดันภายนอกอาคารเนื่องจากลม	16
2.6 ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของอากาศที่ผ่านกับความดันของพัดลม	18
2.7 สมการหาค่าความหนาแน่นของอากาศ	19
2.8 สมการสมดุลความร้อน (Heat balance equation)	21
2.8.1 การถ่ายเทความร้อนโดยการนำความร้อน	21
2.8.2 การถ่ายเทความร้อนโดยการพาความร้อน	21
2.9 การคำนวณหาค่าอุณหภูมิและความร้อนที่เกิดขึ้นในแต่ละห้อง	24
2.10 การแก้ระบบสมการแบบ Non-linear ด้วยวิธีการ Newton-Raphson	26
3. วิธีการคำนวณของโปรแกรม MRVENT	28
3.1 ค่า Parameter ต่างๆ ที่ใช้ในโปรแกรม	28
3.2 ค่าเมตริกตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในโปรแกรม	29
3.3 ขั้นตอนการคำนวณของโปรแกรมย่อยต่างๆ ในโปรแกรม MRVENT	31
3.4 หลักการคำนวณของโปรแกรม ASCOS	36
4. ผลการคำนวณและการอภิปรายผลการคำนวณ	37
4.1 อาคารตัวอย่างขนาด 1 ชั้น 1 Loop mass flow rate	38
4.1.1 ผลของค่าสมมุติอัตราการไหลของอากาศต่อความดันย่อยของวงรอบการไหล ...	45
4.1.2 ผลของความเร็วลมต่อความดันย่อยของวงรอบการไหล	50
4.1.3 ผลของความร้อนต่ออัตราการไหลของอากาศ	55
4.1.4 ผลของความเร็วลมต่ออัตราการไหลของอากาศ	57
4.1.5 ผลของพัดลมดูดอากาศต่ออัตราการไหลของอากาศ	61
4.1.6 ผลของอัตราการไหลต่อความดันย่อยของวงรอบการไหลในกรณีที่มีพัดลม ..	72
4.1.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT และ ASCOS ..	77
4.2 อาคารตัวอย่างขนาด 2 ชั้น 2 Loop mass flow rate	82
4.2.1 ผลของความเร็วลมต่ออัตราการไหลของอากาศ	88
4.2.2 ผลของความร้อนต่ออัตราการไหลของอากาศ	92
4.2.3 ผลของความสูงช่องเปิดต่ออัตราการไหลของอากาศ	93
4.2.4 ผลของการนำความร้อนของผนังอาคารต่ออัตราการไหลของอากาศ	96
4.2.5 ผลของขนาดช่องเปิดต่ออัตราการไหลของอากาศ	97
4.2.6 ผลของพัดลมดูดอากาศต่ออัตราการไหลของอากาศ	100
4.2.7 การเปรียบเทียบผลการคำนวณสำหรับอาคาร 2 Loop mass flow rate	105

	หน้า
4.3 อาคารตัวอย่างขนาด 3 ชั้น 3 Loop mass flow rate	109
5. รูปและข้อเสนอนั้นะ	113
5.1 สรุปผล	113
5.2 ข้อเสนอแนะ	114
รายการอ้างอิง	115
ภาคผนวก	116
ภาคผนวก ก โปรแกรม MRVENT	117
ภาคผนวก ข แผนผังแสดงการคำนวณของโปรแกรม MRVENT	132
ภาคผนวก ค ตัวอย่าง Input file สำหรับโปรแกรม MRVENT และ Output ที่คำนวณได้	137
ภาคผนวก ง ตัวอย่าง Input file สำหรับโปรแกรม ASCOS	151
ภาคผนวก จ ตัวอย่างเมตริกหลักที่ใช้คำนวณในอาคาร 2 วงรอบการไหล.....	154
ประวัติผู้เขียน	157

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. แสดงค่า \bar{C}_w สำหรับผนังอาคารสี่เหลี่ยมด้านต่างๆ เมื่อมีกระแสลมพัดผ่าน	17
2. แสดงคุณสมบัติของอากาศที่ความดันบรรยากาศ	20
3. แสดงผลการคำนวณการระบายอากาศของอาคารตัวอย่างรูปที่ 12	40
4. เปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT และโปรแกรม ASCOS สำหรับอาคารรูปที่ 12	78
5. เปรียบเทียบผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT และโปรแกรม ASCOS สำหรับอาคารรูปที่ 38	81
6. แสดงผลการคำนวณการระบายอากาศตังอาคารรูปที่ 66	84
7. แสดงผลการเปรียบเทียบการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม MRVENT และโปรแกรม ASCOS สำหรับอาคารรูปที่ 66	106
8. แสดงคำตอบที่คำนวณได้จากอาคารรูปที่ 87	112

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
1. แสดงภาพอาคารตัวอย่าง ซึ่งมี 6 ห้อง 2 Loop mass flow rate	1
2. แสดงรูปทรงความดันและคำตอบ	2
3. แสดงระนาบคำตอบที่เกิด	2
4. แสดงรูปแบบการไหลของอากาศที่มีโอกาสเกิดได้	3
5. แสดงลักษณะการเชื่อมต่ออาคารและทิศทางการไหลข้างอิงผ่านช่องเปิดเพื่อใช้สร้าง Incident matrix	7
6. แสดงลักษณะและทิศทางการไหลข้างอิงของวงรอบการไหล เพื่อใช้สร้าง Loop matrix	8
7. แสดงลักษณะการเชื่อมต่ออาคารกับพัดลมและทิศทางการไหลข้างอิงผ่านช่องเปิด เพื่อใช้สร้าง Fan incident matrix	9
8. แสดงลักษณะและทิศทางการไหลข้างอิงของวงรอบการไหลของพัดลม เพื่อใช้สร้าง Fan loop matrix	10
9. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันตกคร่อมช่องเปิดกับอัตราการไหลผ่านช่องเปิด	13
10. Fan characteristic curve	18
11. แสดงตัวอย่างการกำหนดอุณหภูมิและอัตราความร้อนที่เกิดในห้อง	24
12. แสดงอาคารตัวอย่างขนาด 1 ห้อง 2 ช่องเปิด	38
13. แสดงรูปแบบการไหลที่คำนวณได้ต่างๆ	40
14. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop pressure และ Assume loop mass flow rate	41
15. ความสัมพันธ์ของความดันย่อยที่ทำให้เกิดการไหลต่างๆ กับ Loop mass flow rate	42
16. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=0 kW	45
17. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=100 kW	45
18. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=500 kW	46
19. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=1000 kW	46

รูปที่	หน้า
20. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=1500 kW	47
21. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=2000 kW	47
22. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=5000 kW	48
23. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=10000 kW	48
24. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=0 m/s , Wr1=1000 kW	50
25. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=2.5 m/s , Wr1=1000 kW	50
26. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=3.5 m/s , Wr1=1000 kW	51
27. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=5 m/s , Wr1=1000 kW	51
28. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=7.5 m/s , Wr1=1000 kW	52
29. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=10 m/s , Wr1=1000 kW	52
30. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=15 m/s , Wr1=1000 kW	53
31. ความสัมพันธ์ระหว่างความดันย่อยต่างๆ กับอัตราการไหลของอากาศ V=20 m/s , Wr1=1000 kW	53
32. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Heat supply rate (V=0 m/s) ..	55
33. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Heat supply rate (V=7.5 m/s)	55
34. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Heat supply rate (V=15 m/s)	56
35. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Wind velocity (Wr1=0 kW) ...	57
36. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Wind velocity (Wr1=1000 kW)	57
37. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Wind velocity (Wr1=2000 kW)	58

รูปที่	หน้า
38. แสดงตำแหน่งการติดตั้งพัดลมอัดอากาศ เข้ากับอาคารรูปที่ 12	60
39. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=0 m/s , Wr=0 kW	61
40. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=0 m/s , Wr=0 kW	61
41. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=7.5 m/s , Wr=0 kW	62
42. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=7.5 m/s , Wr=0 kW	62
43. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=15 m/s , Wr=0 kW	63
44. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=15 m/s , Wr=0 kW	63
45. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=0 m/s , Wr=1000 kW	64
46. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=0 m/s , Wr=1000 kW	64
47. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=7.5 m/s , Wr=1000 kW	65
48. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=7.5 m/s , Wr=1000 kW	65
49. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=15 m/s , Wr=1000 kW	66
50. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=15 m/s , Wr=1000 kW	66
51. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=0 m/s , Wr=2000 kW	67
52. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=0 m/s , Wr=2000 kW	67

รูปที่	หน้า
53. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=7.5 m/s , Wr=2000 kW	68
54. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=7.5 m/s , Wr=2000 kW	68
55. แสดง System curve ของอาคารจากตำแหน่งติดตั้งพัดลม V=15 m/s , Wr=2000 kW	69
56. ความสัมพันธ์ระหว่าง Loop mass flow rate กับ Fan mass flow rate V=15 m/s , Wr=2000 kW	69
57. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=0 kW , Gf=-100 kg/min	72
58. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=0 kW , Gf=0 kg/min	72
59. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=0 kW , Gf=100 kg/min	73
60. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=1000 kW , Gf=-100 kg/min	73
61. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=1000 kW , Gf=0 kg/min	74
62. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=1000 kW , Gf=100 kg/min	74
63. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=2000 kW , Gf=-100 kg/min	75
64. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=2000 kW , Gf=0 kg/min	75
65. แสดงความดันย่อยของ Loop เมื่อมีพัดลมดูดอากาศ V=7.5 m/s , Wr=2000 kW , Gf=100 kg/min	76
66. ภาพแสดงอาคารตัวอย่างขนาด 2 ชั้น 2 Loop mass flow rate พร้อมด้วยทิศทาง ข้างอิงสำหรับให้สร้าง Incident matrix และ Loop matrix	82
67. ภาพแสดงรูปแบบการไหลต่างๆที่สามารถเกิดขึ้นได้	82

รูปที่	หน้า
68. แสดงผลของความเร็วลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด Wr1=0 kW , Wr2=0 kW	88
69. แสดงผลของความเร็วลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด Wr1=1000 kW , Wr2=0 kW	89
70. แสดงผลของความเร็วลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด Wr1=0 kW , Wr2=1000 kW	90
71. แสดงผลของความร้อนห้อง 1 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด (V=0 m/s)	92
72. แสดงผลของความร้อนห้อง 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด (V=0 m/s)	92
73. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=0 m/s , Wr1=1000 kW	93
74. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=0 m/s , Wr2=1000 kW	93
75. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=3 m/s , Wr1=1000 kW	94
76. แสดงผลของความสูงช่องเปิด 1 และ 2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=3 m/s , Wr2=1000 kW	94
77. แสดงผลของการนำความร้อนของผนังต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=0 m/s , Wr1=1000 kW	96
78. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1-6 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=0 m/s , Wr1=1000 kW	97
79. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1-6 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=3 m/s , Wr1=1000 kW	97
80. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1,2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=0 m/s , Wr1=1000 kW	98
81. แสดงผลของขนาดช่องเปิด 1,2 ต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด V=3 m/s , Wr1=1000 kW	98
82. แสดงผลของพัดลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด โดยติดพัดลมที่ห้อง 1 ระดับสูง 2 m , V=0 m/s , Wr1=1000 kW	100
83. ผลของพัดลมต่อ System pressure โดยติดพัดลมที่ห้อง 1 ระดับสูง 2 m , V=0 m/s , Wr1=1000 kW	100

รูปที่	หน้า
84. แสดงผลของพัดลมต่ออัตราการไหลผ่านช่องเปิด โดยติดพัดลมที่ห้อง 6 ระดับสูง 4 m , V=0 m/s , Wr1=1000 kW	102
85. ผลของพัดลมต่อ System pressure โดยติดพัดลมที่ห้อง 6 ระดับสูง 4 m , V=0 m/s , Wr1=1000 kW	102
86. แสดงลักษณะอาคารที่ใช้เปรียบเทียบผลการคำนวณสำหรับอาคาร 2 Loop	105
87. ภาพแสดงอาคารตัวอย่างขนาด 3 ชั้น พร้อมด้วยทิศทางอ้างอิงสำหรับใช้สร้าง Incident matrix และ Loop matrix	109
88. ภาพแสดงรูปแบบการไหลต่างๆที่เกิดขึ้น	110
89. ผังแสดงการคำนวณของโปรแกรม MRVENT (Main program).....	133
90. ผังแสดงการคำนวณของโปรแกรม MRVENT (Subroutine Multi).....	134
91. ผังแสดงการคำนวณของโปรแกรม MRVENT (Subroutine Newton).....	135
92. ผังแสดงการคำนวณของโปรแกรม MRVENT (Subroutine Loop&Loopwf).....	136