86

การออกแบบระบบท่อลมด้วยวิธีที-เมทอดแบบดัดแปร สำหรับการใช้งานในประเทศไทย

นาย พิชัย กฤชไมตรี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-791-7

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16654913

MODIFIED T-METHOD DUCT DESIGN FOR USE IN THAILAND

Mr. Phichai Kritmaitree

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Education

Department of Mechanical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบระบบท่อลมด้วยวิธีที-เมทอดแบบดัดแปรสำหรับการใช้งานในประเทศไทย
โดย	นาย พิชัย กฤชไมตรี
ภาควิชา	วิศวกรรมกรรมเครื่องกล
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ ถุงสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. มานิจ ทองประเสริฐ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร. ตุลย์ มณีวัตนา)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พิชัย กฤชไมตรี : การออกแบบระบบท่อลมด้วยวิธีที- เมทอดแบบดัดแปรสำหรับการใช้งานในประเทศไทย (MODIFIED T-METHOD DUCT DESIGN FOR USE IN THAILAND) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร. เยิดพันธ์ วิฑูราภรณ์, 166 หน้า. ISBN 974-632-791-7

การออกแบบระบบท่อลมโดยวิธี T-Method เป็นการออกแบบโดยการหาระบบท่อลมที่เหมาะสมต่อการใช้งานมากที่สุด โดยอาศัยสมการ Life cycle cost เป็นสมการฟังก์ชันประสงค์ที่ใช้ในการพิจารณา ทั้งนี้ในกระบวนการออกแบบจะเป็นการหาขนาดของท่อลมในระบบที่มีผลทำให้สมการนี้มีค่าต่ำที่สุด และระบบที่ได้จะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขต่าง ๆ ที่ได้กำหนดจากความต้องการในการกระจายอากาศของระบบส่งลม

ในงานวิจัยนี้ได้นำเอาวิธี T-Method มาปรับปรุงเพื่อให้มีประสิทธิภาพและความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น โดยปรับปรุงสมการฟังก์ชันประสงค์ของวิธี T-Method เดิม ให้ครอบคลุมถึงการพิจารณาผลของการสูญเสียพลังงานเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังท่อลม และพิจารณาให้ค่าก่อสร้างท่อลมต่อหน่วยพื้นที่ผิวท่อ เปลี่ยนแปลงตามขนาดของท่อลมที่ใช้ตามความเป็นจริงของงานก่อสร้างระบบท่อลมในประเทศไทย

เมื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบและประเมินผล โดยการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบระบบท่อลมด้วยวิธีการที่ได้พัฒนาขึ้นกับวิธีอื่น ๆ 3 วิธี คือ วิธี Equal Friction, วิธี Static Regain และวิธี T-Method เดิม พบว่าภายใต้ความต้องการของระบบเดียวกัน ระบบท่อลมที่ได้รับการออกแบบด้วยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นให้ค่า Life cycle cost ต่ำที่สุด โดยต่ำกว่าวิธี T-Method เดิมถึง 12.0 เปอร์เซ็นต์ สำหรับท่อลมที่ใช้ในการทดสอบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

C518534 : MAJOR ENGINEERING
KEY WORD: T-METHOD/DUCT/OPTIMIZATION

PHICHAI KRITMAITREE : MODIFIED T-METHOD DUCT DESIGN FOR USE IN THAILAND. THESIS ADVISOR : Dr. Chirdpun Vitooraporn, Ph.D. 166 pp.
ISBN 974-632-791-7

T-Method duct design in the procedure the determine the optimum ducting system base on minimizing the system life cycle cost which is the objecive function of the system. In this method duct sizes and fan sizes are selected so that the minimum system life cycle cost isassured. In addition, the resulting system will also follow on constraint conditions that are set by the air distribution requirement of the duct system.

In this research we have modified this T-Method duct design to gain more efficiency and more suitabity. This is done by modifying the objective function to include the enegy loss, --the heat transfer through duct wall--, and the unit cost of duct construction which is varied by duct sizes.

The results from the modified method was compared with the others method such as equal friction method, static regain method, and the existed T-Method. It is found that under the same requirement on the same duct system, The duct system designed based on the modified method give the minimum life cycle cost The reduction is as low as 12.0 percent when compared with the existed T-Method.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของอาจารย์ ดร. เชิดพันธ์ วิทูราภรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการวิจัยด้วยดีตลอดมา รวมถึง คุณ ธนพร กฤชไมตรี คุณ ปิยะ ตั้งสิทธิชัย และคุณ ประพจน์ ขุนทอง ผู้ซึ่งให้ความช่วยเหลืออย่างมากในการทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ คุณ กิ่งกาญจน์ รัตนจงจิตรกร ที่มีส่วนช่วยในการผลักดันให้งานวิจัยนี้สำเร็จตามความมุ่งหมาย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งเป็นผู้ที่ให้ความสนับสนุนผู้วิจัยในทุกๆด้าน และเป็นกำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ

กิตติกรรมประกาศ.....ฉ

สารบัญตาราง.....ฌ

สารบัญภาพ.....ญ

คำอธิบายสัญญลักษณ์.....ด

บทที่

1. บทนำ.....1

ความสำคัญและที่มาของโครงการวิทยานิพนธ์.....1

วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการวิทยานิพนธ์.....2

ขั้นตอนและวิธีดำเนินการวิจัย.....3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3

2. วิธีการออกแบบท่อลมทั่วไป.....4

วิธี Equal Friction.....4

วิธี Static Regain.....5

วิธี Velocity Reduction.....8

วิธี Constant Velocity.....8

3. การออกแบบท่อลมด้วยวิธี T-Method.....9

นิยามของปัญหา.....9

ข้อจำกัดของการพิจารณา.....10

ฟังก์ชั่นประสงค์ (Objective Function) ของระบบท่อลม.....11

การรวมระบบ (System Condensing).....16

การหาขนาดของอุปกรณ์ส่งลมที่เหมาะสม (Fan Selection).....21

การกระจายระบบ (System Expansion).....21

เงื่อนไขบังคับในการหาภาวะเหมาะสม (Constrained Optimization).....24

การคำนวนซ้ำ (Iteration).....26

หน้า

4. แนวทางและการปรับปรุงวิธีการออกแบบท่อลมด้วยวิธี T-Method.....27
การปรับปรุงฟังก์ชั่นประสงค์ของระบบท่อลม.....27
กระบวนการแปลงรูปสมการฟังก์ชั่นประสงค์.....29
การรวมระบบ (System Condemsing).....32
การหาขนาดของอุปกรณ์ส่งลมที่เหมาะสม (Fan Selection).....36
การกระจายระบบ (System Expansion).....37
5. การออกแบบด้วยวิธีการที่ได้รับการปรับปรุงโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์.....40
การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์.....40
ขั้นตอนการกำหนดค่าเริ่มต้น.....41
ขั้นตอนการหาค่าตัวแปรอื่นๆ ที่จำเป็น.....41
ขั้นตอนการคำนวนด้วยวิธี T-Method.....42
ขั้นตอนการคำนวณหาค่าความดันส่วนเกิน.....46
ขั้นตอนการวินิจฉัยผลลัพธ์.....46
6. การเปรียบเทียบและประเมินผล.....47
ระบบท่อลมที่ใช้ในการพิจารณา.....47
วิธีการออกแบบที่ใช้ในการเปรียบเทียบและผลลัพธ์ที่ได้.....48
การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์.....50
7. บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....57
บทสรุป.....57
ข้อเสนอแนะ.....57
รายการอ้างอิง.....61
ภาคผนวก.....62
ภาคผนวก ก การใช้โปรแกรมและลักษณะของโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น.....63
ภาคผนวก ข ตัวอย่างตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียทางพลศาสตร์.....84
ภาคผนวก ค ผลลัพธ์จากการออกแบบระบบท่อลมทดสอบ.....90
ประวัติผู้เขียน.....149

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ข	ตัวอย่างตารางแสดงค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียทางพลศาสตร์	85
ค.1	ตารางแสดงรายละเอียดข้อมูลเบื้องต้นของท่อลมทดสอบ	92
ค.2	ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบด้วยวิธี T-Method เดิม	94
ค.3.1	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของวิธี T-Method เดิม ในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด	95
ค.3.2	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของวิธี T-Method เดิม หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน	96
ค.4.1	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของวิธี T-Method เดิม ในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด	97
ค.4.2	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของวิธี T-Method เดิม หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน	98
ค.5.1	ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาด ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธี T-Method เดิมในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด	100
ค.5.2	ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาด ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธี T-Method เดิม หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน	101
ค.6.1	ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิ ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธี T-Method เดิมในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด	102
ค.6.2	ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิ ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธี T-Method เดิม หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน	103
ค.7.1	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของวิธี T-Method เดิม ในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด	104
ค.7.2	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของวิธี T-Method เดิม หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน	105
ค.8	ตารางแสดงข้อมูลเบื้องต้นในการออกแบบด้วยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น	107
ค.9.1	ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น ในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด	108

ตารางที่ หน้า

ค.9.2 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน....109
ค.10.1 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น ในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด....110
ค.10.2 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน....111
ค.11.1 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาด ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด....113
ค.11.2 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาด ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นหลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน....114
ค.12.1 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิ ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด....115
ค.12.2 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิ ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นหลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน....116
ค.13.1 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น ในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด....117
ค.13.2 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น หลังจากที่ได้เลือกขนาดท่อลมใช้งาน....118
ค.14 ตารางแสดงค่าข้อมูลเบื้องต้นของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี Equal Friction....120
ค.15 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี Equal Friction....121
ค.16 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี Equal Friction....122
ค.17 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาดที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี Equal Friction....124
ค.18 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของระบบท่อลมที่ได้จากวิธีEqual Friction....125
ค.19 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี Equal Friction....126

ตารางที่ หน้า

ค.20 ตารางแสดงค่าข้อมูลเบื้องต้นของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี Static Regain.....128
ค.21 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี Static Regain.....129
ค.22 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี Static Regain.....130
ค.23 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาดที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี Static Regain.....132
ค.24 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี Static Regain.....133
ค.25 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี Static Regain.....134
ค.26 ตารางแสดงค่าข้อมูลเบื้องต้นของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี T-Method เดิม.....135
ค.27 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย VSF ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี T-Method เดิม.....136
ค.28 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Condensing ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี T-Method เดิม.....137
ค.29 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายขนาดที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี T-Method เดิม.....139
ค.30 ตารางแสดงผลลัพธ์การกระจายอุณหภูมิที่ได้จากโปรแกรมย่อย Expansion ของระบบท่อลมที่ได้จากวิธี T-Method เดิม.....140
ค.31 ตารางแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมย่อย Loss ของระบบท่อลม ที่ได้จากวิธี T-Method เดิม.....141
ค.32 ตารางแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าความดันรวมที่ได้จากโปรแกรมย่อย Selection ของท่อลมที่ออกแบบโดยวิธีต่างๆ.....142
ค.33 ตารางแสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าขนาดของท่อลมที่ได้จาก การออกแบบโดยวิธีต่างๆ.....143
ค.34 ตารางช่วยในการคำนวนค่าใช้จ่ายจากสมการ (4.9) ของท่อลมที่ได้จาก วิธี Equal Friction.....144

ตารางที่ หน้า

ค.35 ตารางช่วยในการคำนวนค่าใช้จ่ายจากสมการ (4.9) ของท่อลมที่ได้จาก
วิธี Static Regain.....145
ค.36 ตารางช่วยในการคำนวนค่าใช้จ่ายจากสมการ (4.9) ของท่อลมที่ได้จาก
วิธี T-Method เดิม.....146
ค.37 ตารางช่วยในการคำนวนค่าใช้จ่ายจากสมการ (4.9) ของท่อลมที่ได้จาก
วิธีที่ได้พัฒนาขึ้น.....147
ค.38 ตารางช่วยในการคำนวนค่าใช้จ่ายจากสมการ (4.9) ของท่อลมที่ได้จาก
วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นในครั้งการคำนวนที่เหมาะสมที่สุด.....148

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1	รูปแสดงความดันสถิตย์ได้คืนในระบบท่อที่มีจุดแยก	5
3.1	รูปแสดงการรวมระบบท่อลม 2 ท่อนที่ต่อกันแบบอนุกรม	17
3.2	รูปแสดงการรวมระบบท่อลม 2 ท่อนที่ต่อกันแบบขนาน	19
3.3	รูปแสดงการรวมระบบท่อลม 3 ท่อนที่ต่อกันเป็นรูปตัวที	20
ก.1	แผนผังแสดงลำดับการคำนวนโดยวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น (โปรแกรมหลัก)	78
ก.2	แผนผังแสดงลำดับการคำนวนในขั้นตอนการหาตัวแปรที่จำเป็น	79
ก.3	แผนผังแสดงลำดับการคำนวนในขั้นตอนการรวมระบบ	80
ก.4	แผนผังแสดงลำดับการคำนวนในขั้นตอนการเลือกอุปกรณ์ส่งลม	81
ก.5	แผนผังแสดงลำดับการคำนวนในขั้นตอนการกระจายระบบ	82
ก.6	แผนผังแสดงลำดับการคำนวนในขั้นตอนการหาค่าความดันส่วนเกิน	83
ค.1	รูปแสดงระบบท่อลมทดสอบที่ใช้ในการเปรียบเทียบ	91
ค.2	รูปแสดงระบบท่อลมทดสอบหลังจากได้รับการออกแบบด้วยวิธี T-Method เดิม	93
ค.3	รูปแสดงระบบท่อลมทดสอบหลังจากได้รับการออกแบบด้วยวิธีที่พัฒนาขึ้น	106
ค.4	รูปแสดงระบบท่อลมทดสอบหลังจากได้รับการออกแบบด้วยวิธี Equal Friction	119
ค.5	รูปแสดงระบบท่อลมทดสอบหลังจากได้รับการออกแบบด้วยวิธี Static Regain	127

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คำอธิบายสัญญลักษณ์

ตัวแปรทั่วไป

ตัวแปร

ΔP	คือ ค่าความดันสูญเสียของท่อลม, ปาสกาล
L	คือ ค่าความยาวรวมของท่อลม, เมตร
ΔP_r	คือ ความดันสถิตย์ได้คืน, ปาสกาล
R	คือ สัมประสิทธิ์ของความดันสถิตย์ได้คืน, ไม่มีหน่วย
V	คือ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศในท่อลม, เมตร/วินาที
ρ	คือ ความหนาแน่นของอากาศ, กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร
Q	คือ อัตราการไหลของอากาศในท่อลม, ลูกบาศก์เมตร/ วินาที
D_f	คือ เส้นผ่านศูนย์กลางไฮดรอลิกส์ของท่อลม, เมตร
f	คือ ค่าตัวประกอบความเสียดทาน, ไม่มีหน่วย
Re	คือ ค่าตัวเลขเรย์โนลด์, ไม่มีหน่วย
ε	คือ ค่าความหยาบของวัสดุที่ผิวภายในท่อลม, เมตร
C	คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียทางพลศาสตร์, ไม่มีหน่วย
ΣC	คือ ผลรวมของสัมประสิทธิ์ความสูญเสียทางพลศาสตร์, ไม่มีหน่วย
u	คือ ค่าสัมประสิทธิ์การลดความเร็ว, ไม่มีหน่วย
E	คือ ค่า Life cycle cost ของระบบท่อลม, บาท
E_p	คือ เทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับระบบท่อลมในปีแรก, บาท
PWEF	คือ ตัวแปรที่ใช้ปรับค่าใช้จ่ายต่างๆในปีแรกให้เป็นค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานเทียบเป็นมูลค่าปัจจุบัน, ไม่มีหน่วย
E_s	คือ ค่าวัสดุ และค่าแรงงานที่ใช้ในการสร้างระบบท่อลมทั้งหมด, บาท
E_{es}	คือ ค่าใช้จ่ายซึ่งเป็นผลจากปริมาณพื้นที่ผิวของท่อลม, บาท
Q_{fan}	คือ อัตราการไหลของอากาศที่พัดลมสร้างขึ้น, ลูกบาศก์เมตร/วินาที
P_{fan}	คือ ความดันรวมของอากาศที่พัดลมสร้างขึ้น, ปาสกาล
E_c	คือ ค่าไฟฟ้าต่อหน่วย, บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
Y	คือ เวลาที่ใช้ในการเดินระบบในหนึ่งปี, ชั่วโมง/ปี
E_d	คือ ค่าไฟฟ้าเพิ่มเติมเนื่องจากความต้องการใช้กำลังไฟฟ้ามาก, บาท/กิโลวัตต์
η_f	คือ ประสิทธิภาพของพัดลม, ทศนิยม

ตัวแปร

η_e คือ ประสิทธิภาพของมอเตอร์พัดลม, ทศนิยม

S_d คือ ค่าวัสดุ และค่าแรงงานที่ใช้ในการสร้างระบบท่อลมซึ่งคิดให้มีค่าคงที่สำหรับระบบเดียวกัน ต่อ หน่วยพื้นที่, บาท/ตารางเมตร

S_r คือ ค่าวัสดุ และค่าแรงงานที่ใช้ในการสร้างระบบท่อลมซึ่งคิดตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการสร้างท่อลม ต่อ หน่วยพื้นที่, บาท/ตารางเมตร

AER คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงค่าไฟฟ้ารายปี, ทศนิยม

AIR คือ อัตราดอกเบี้ยรายปี, ทศนิยม

a คือ ระยะเวลาในการจำนอง, ปี

Z_1 คือ Intermediate function ซึ่งมีค่าเท่ากันใน ทุกส่วนย่อยที่อยู่ในระบบเดียวกัน

g_c คือ ค่าคงที่ในการเปลี่ยนหน่วย, 1.0 กิโลกรัม-เมตร/นิวตัน-วินาที^{2}

r คือ ค่าสัดส่วนหน้าตัดท่อลม, ไม่มีหน่วย

H คือ ค่าความสูงของท่อลม, เมตร

W คือ ค่าความกว้างของท่อลม, เมตร

D_v คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อกลมที่มีความเร็วเทียบเท่า, เมตร

μ คือ duct loss coefficient ของท่อลมท่อนใดๆ, เมตร

D_o คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อกลมที่มีเส้นรอบรูปเทียบเท่า, เมตร

Z_2 คือ intermediate function ซึ่งมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละส่วนย่อย

K คือ duct characteristic ซึ่งจะมีค่าไม่เท่ากันในแต่ละส่วนย่อย

T คือ ค่าสัมประสิทธ์ T ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธ์ของการกระจายท่อลม, ไม่มีหน่วย

ΔPz คือ ค่าความดันสูญเสียเพิ่มเติมที่ไม่ใช่ความดันสูญเสียเนื่องจากท่อลม, ปาสกาล

E_{fan} คือ เทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้กับพัดลมในปีแรก, บาท

U คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังท่อลม, วัตต์/ตารางเมตร

t_e คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางเข้าท่อลม, องศาเซลเซียส

t_l คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ทางออกท่อลม, องศาเซลเซียส

t_a คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศอยู่รอบๆท่อลม, องศาเซลเซียส

η_t คือ ประสิทธิภาพรวมของระบบปรับอากาศ, ทศนิยม

E_{loss} คือ เทอมของค่าไฟฟ้าที่จ่ายให้การสูญเสียเนื่องจากการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังท่อลมในปีแรก, บาท

ตัวแปร

X_n คือ Parameter ที่ไม่มีผลต่อการหาภาวะเหมาะสมของระบบท่อลม

λ คือ ตัวเลขยกกำลังของสมการแสดงระบบ

ตัวแปรในแผนผังแสดงลำดับการคำนวน

ตัวแปร

LOOP คือ ค่าแสดงจำนวนรอบในการคำนวน, ไม่มีหน่วย

ITER คือ ค่าแสดงจำนวนครั้งในการคำนวนในรอบการคำนวนใดๆ, ไม่มีหน่วย

DPex คือ ค่าความดันส่วนเกินในเส้นทางเดินท่อใดๆ, ปาสกาล

Hp คือ ค่าความสูงของท่อลมในครั้งการคำนวนที่แล้ว, เมตร

Wp คือ ค่าความกว้างของท่อลมในครั้งการคำนวนที่แล้ว, เมตร

V คือ ความเร็วเฉลี่ยของอากาศในท่อลม, เมตร/วินาที

f คือ ค่าตัวประกอบความเสียดทาน, ไม่มีหน่วย

C คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความสูญเสียทางพลศาสตร์, ไม่มีหน่วย

H คือ ค่าความสูงของท่อลมที่คำนวนได้, เมตร

W คือ ค่าความกว้างของท่อลมที่คำนวนได้, เมตร

mu คือ duct loss coefficient μ ของท่อลมท่อนใดๆ, เมตร

Ks คือ ค่าสัมประสิทธิ์ K ของท่อท่อนใดๆ

Kt คือ ค่าสัมประสิทธิ์ K ของท่อจินตภาพใดๆ

DPmax คือ ค่าความดันเพิ่มสูงสุดของท่อจินตภาพใดๆ, ปาสกาล

DP คือ ค่าความดันสูญเสียของท่อลม, ปาสกาล

Dpt คือ ค่าความดันสูญเสียรวมทั้งหมดสำหรับท่อที่ได้จากการกระจาย, ปาสกาล

Dpr คือ ค่าความดันสูญเสียสำหรับท่อที่ได้จากการกระจาย, ปาสกาล

Pup คือ ค่าความดันของอากาศที่ต้นทางของท่อลม, ปาสกาล

Pdn คือ ค่าความดันของอากาศที่ปลายทางของท่อลม, ปาสกาล

Tup คือ ค่าอุณหภูมิของอากาศที่ต้นทางของท่อลม, องศาเซลเซียส

Tdn คือ ค่าอุณหภูมิของอากาศที่ปลายทางของท่อลม, องศาเซลเซียส

ตัวห้อย

1	แสดงส่วนของระบบท่อลมที่มีการกำหนดค่าสัดส่วนของหน้าตัดท่อลม
2	แสดงส่วนของระบบท่อลมที่มีการกำหนดค่าความสูงของหน้าตัดท่อลม
3	แสดงส่วนของระบบท่อลมที่มีการกำหนดค่าความกว้างของหน้าตัดท่อลม
n	แสดงการนับลำดับของท่อลม หรือ แสดงจำนวนท่อลมทั้งหมด
i	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมท่อนที่ i
j	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมท่อนที่ j
k	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมท่อนที่ k
o	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมท่อนที่ o
c	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อรวมของจุดแยก
s	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อลมส่งของจุดแยก
b	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อแยกของจุดแยก
root	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อจินตภาพรวม
up	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อต้นทางของท่ออนุกรม
down	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อปลายทางของท่ออนุกรม
br	แสดงค่าตัวแปรของท่อลมที่เป็นท่อซึ่งอยู่ข้างเคียงของท่อขนาน
max	แสดงค่าที่มากที่สุดของตัวแปรใดๆ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย