

โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน

โดยใช้แนวทางเมตซ์แพตเทิร์น



นาย ประทีป อรุณวัฒนามงคล

ศูนย์วิทยพัชร์พยากร
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

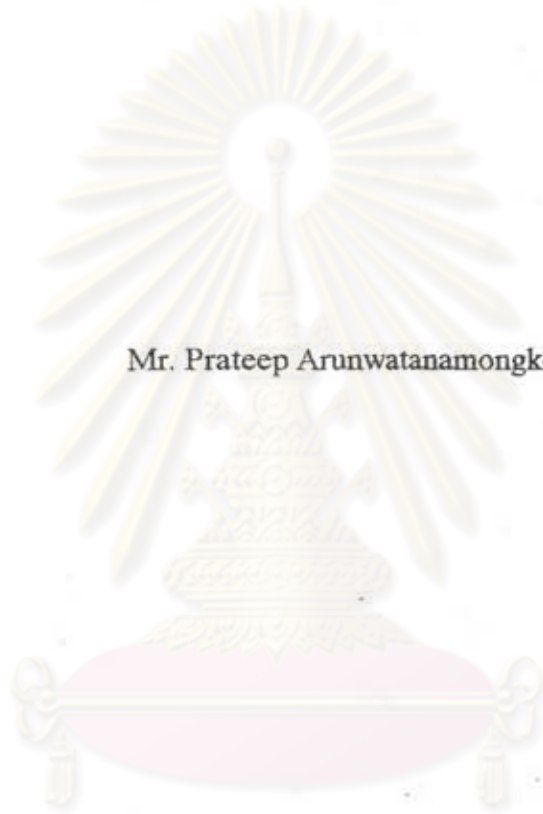
พ.ศ. 2535

ISBN 974-582-038-0

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

018734
117192766

A COMPUTER PROGRAM FOR HEAT EXCHANGER NETWORK DESIGN
USING MATCH PATTERN APPROACH



Mr. Prateep Arunwatanamongkol

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1992

ISBN 974-582-036-9

Thesis Title : A Computer Program for Heat Exchanger Network Design using Match
Pattern Approach

By : Mr. Prateep Arunwatnamongkol

Department : Chemical Engineering

Thesis Advisor : Dr. Montree Wongsri

Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in Partial Fulfilment
of the Requirements for the Master's Degree.

Thavorn Vajjarabhaya

..... Dean of Graduate School

(Professor Thavorn Vajjarabhaya, Ph.D.)

Thesis Committee

Piyas - Bittel

..... Chairman

(Professor Piyasan Prasertdham, Ph.D.)

Montree Wongsri

..... Thesis Advisor

(Dr. Montree Wongsri)

Wiwat Tanthapanichakoon

..... Member

(Associate Professor Dr. Wiwat Tanthapanichakoon)

Veerapot Lueprasitsakul

..... Member

(Dr. Veerapot Lueprasitsakul)



ประทีป อรุณวัฒนามงคล : โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับออกแบบข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยน
ความร้อนโดยใช้แนวทางแมตซ์แพตเทิร์น (A COMPUTER PROGRAM FOR HEAT EXCHANGER
NETWORK DESIGN USING MATCH PATTERN APPROACH) อ.ที่ปรึกษา :
ดร.มนตรี วงศ์ศรี, 125 หน้า, ISBN 974-582-036-9

ข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนเป็นวิธีการหนึ่งในการนำเอาพลังงานความร้อนกลับมาใช้
อย่างมีประสิทธิภาพในอุตสาหกรรมกระบวนการผลิต โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบข่ายงาน
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนได้ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในขั้นการออกแบบเบื้องต้น โดยการใช้วิธีสถิติเกี่ยวกับการ
การออกแบบข่ายงานนำมาสร้างเป็นแมตซ์แพตเทิร์นในการคำนวณออกแบบข่ายงาน (มนตรี วงศ์ศรี, 2534)
โปรแกรมจะเลือกใช้แมตซ์แพตเทิร์นโดยอาศัยข้อมูลคือ อัตราการไหล อุณหภูมิขาเข้า อุณหภูมิขาออกที่
ต้องการ และค่าความจุความร้อนของกระแส โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ได้กับเครื่องไมโคร
คอมพิวเตอร์สามารถคำนวณหาปริมาณการใช้ยูทิลิตี้ที่ต้องการ พื้นที่แลกเปลี่ยนความร้อนของแต่ละหน่วยออก-
แบบ ข่ายงานเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนที่เหมาะสมที่สุดคือมีจำนวนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนน้อยที่สุด
และสามารถนำพลังงานความร้อนกลับมาใช้ได้มากที่สุด โปรแกรมสามารถหาข่ายงานที่เป็นไปได้ทั้งหมด
หรือเกือบทั้งหมด วิศวกรสามารถเลือกและประเมินข่ายงานแบบต่าง ๆ ด้วยมาตรการอย่างอื่นเพื่อให้ได้
ข่ายงานที่มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรม เคมี
สาขาวิชา วิศวกรรม เคมี
ปีการศึกษา 2535

ลายมือชื่อนิสิต ปรีกัญ อภิวิมลภรณ์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา อ.มนตรี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C316629 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: HEAT EXCHANGER NETWORK DESIGN / ENERGH RECOVERY

PRATEEP ARUNWATANAMONGKOL : A COMPUTER PROGRAM FOR HEAT EXCHANGER NETWORK DESIGN USING MATCH PATTERN APPROACH.

THESIS ADVISOR : DR. MONTREE WONGSRI. 125 pp. ISBN 974-582-036-9

Heat Exchanger Network (HEN) is an effective method to recover the heat energy used in process plants. A computer program is developed for preliminary HEN design. A design procedure is to partition a problem into a number of subproblems or design states. An operator which map one design state to another is called match operator. At each design state a match operator select a suitable pair of hot and cold stream. An operator itself contains the heuristic knowledge of HEN design (Wongsri, 1991). The design process continues until all streams are matched. The information of process are flow rate, inlet temperature, target temperature, and heat capacity of process streams. The several information computed are minimum utility requirement, heat transfer area of each exchanger, the optimum network topology which has minimum number of units. The program can find all or almost possible alternative network solutions. An engineer can choose and evaluate networks by arbitrary criteria to obtain a network configuration that meet most of the problem constraints and his/her requirements.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2535

ลายมือชื่อนิสิต *ประทีป อรุณwatanamongkol*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Montree Wongsri*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

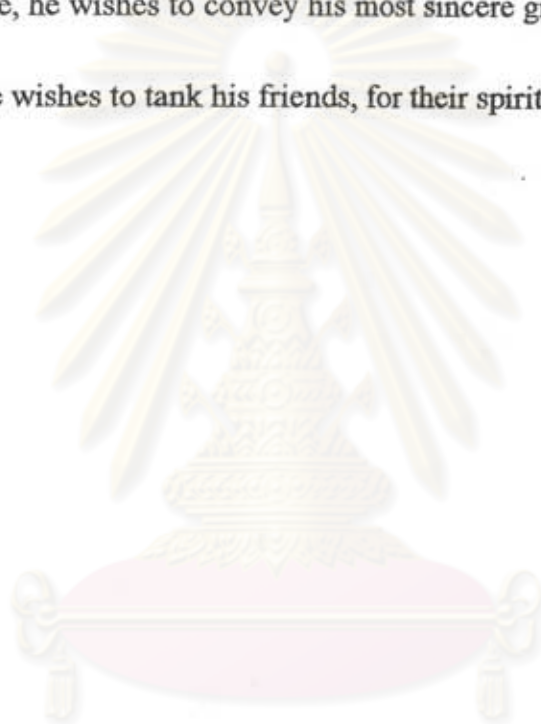
ACKNOWLEDGEMENTS

The author wishes to sincerely thank and express his gratitude to his advisor, Dr. Montree Wongsri, for his supervisor, guidance and encouragement during this project.

He also wishes to take this opportunity to express his gratitude to Professor Piyasan Prasertdham, Ph.D. , Associate Professor Dr. Wiwat Tanthapanichakoon and Dr. Veerapot Lueprasitsakul for kindly serving as the thesis committee.

Furtermore, he wishes to convey his most sincere gratitude to his parents for their moral support.

Finally, he wishes to tank his friends, for their spiritual support.



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CONTENTS

	Page
ABSTRACT (in English).....	iv
ABSTRACT (in Thai).....	v
ACKNOWLEDGEMENT.....	vi
LIST OF TABLES.....	x
LIST OF FIGURES.....	xi
CHAPTER	
1. INTRODUCTION.....	1
1.1 Background.....	1
1.2 Objectives.....	3
1.3 Scopes of work.....	3
1.4 Assumptions.....	3
2. A REVIEW OF PINCH CONCEPT.....	4
2.1 The Pinch.....	5
2.2 Locating the pinch.....	5
2.3 Significance of the pinch.....	8
2.4 The pinch in the grid representation.....	10
2.5 Threshold problems.....	11
2.6 The utility pinch.....	13
3. A REVIEW OF HEAT EXCHANGER NETWORK DESIGN.....	15
3.1 Problem Definition.....	15
3.2 Network Properties.....	15
3.3 Conventional Design Methods.....	16
3.3.1 Preanalysis.....	16
3.3.2 Network Generation.....	17
3.3.2.1 Optimization Techniques.....	17
3.3.2.2 Heuristic Methods.....	18

CONTENTS (Continued)

CHAPTER	Page
4. HEN DESIGN USING MATCH PATTERN APPROACH.....	21
4.1 The Nature of HEN Synthesis.....	22
4.1.1 Match Operator.....	22
4.1.2. Design State.....	22
4.2 Heat Exchanger Network Synthesis.....	24
4.2.1 Network Targeting.....	24
4.2.2 Network Synthesis.....	25
4.3 Heuristics for HEN Synthesis.....	26
4.4 Match Classification.....	28
4.5 Match Patterns.....	30
4.5.1. Regular Match Operator.....	32
4.5.2 Stream Split Match Operators.....	32
4.5.3 One Stream Problem Operators.....	37
4.5.4 Essential Match Operators.....	40
4.5.5 Large Stream Match Operator.....	40
4.5.6 Utility Match Operators.....	41
4.6 Synthesis Procedure.....	41
5. COMPUTER PROGRAM FOR HEAT EXCHANGER NETWORK DESIGN USING MATCH PATTERN APPROACH.....	43
5.1 Program Overview.....	43
5.2 Assumption Used in The Program.....	43
5.3 Program Limitations.....	44
5.4 Program Flow Charts.....	44
5.4.1 Preanalysis Step Function.....	44
5.4.2 Find Pinch Temperature Finder Function.....	46
5.4.3 Problem Splitter Function.....	46
5.4.4 Network Inverter Function.....	49
5.4.5 Designer Function.....	49

CONTENTS (Continued)

CHAPTER	Page
6. ILLUSTRATED EXAMPLES	54
6.1 Problem 5SP1.....	54
6.2 Problem 6SP1.....	62
6.3 Problem 4TC3.....	67
6.4 Problem 10SP1.....	77
6.3 A Large Problem	109
7. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS.....	118
7.1 Conclusions.....	118
7.2 Recommendations.....	119
REFERENCE	120
APPENDIX	123
A. DATA STRUCTURE TABLES	123
BIOGRAPHY	125



 ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

LIST OF TABLES

	Page
Table 2.1 Stream data for Test Case No. 3	6
Table 2.2 The Problem Table for Test Case No. 3	7
Table 4.1 Match Pattern Operators of Class A and B.....	33
Table 4.2 Match Pattern Operators of Class C and D.....	34
Table 4.3 Hot Stream Splitting Match Pattern Operators.....	38
Table 4.4 Cold Stream Splitting Match Pattern Operators.....	39
Table 4.5 Splitting Match Pattern Operators.....	40
Table 4.6 One Stream Match Operators	41
Table 6.1.1 Stream Details of 5SP1.....	54
Table 6.1.2 Problem Table of 5SP1.....	55
Table 6.1.3 Hot End Subproblem Data of 5SP1	55
Table 6.2.1 Stream Details of 6SP1.....	62
Table 6.2.2 Problem Table of 6SP1.....	62
Table 6.3.1 Stream Details of 4TC3	67
Table 6.3.2 Problem Table of 4TC3	68
Table 6.3.3 Heating Subproblem of 4TC3.....	68
Table 6.3.4 Cooling Subproblem of 4TC3	68
Table 6.4.1 Stream Details of 10SP1.....	77
Table 6.4.2 Problem Table of 10SP1.....	78
Table 6.5.1 Stream Details of the Large Problem.....	109
Table 6.5.2 Problem Table of the Large Problem.....	110

LIST OF FIGURES

	Page
Figure 2.1 (a) Subnetwork heat flow diagram for TC3.....	8
Figure 2.1 (b) Subnetworks combined into a hot and cold region.....	8
Figure 2.2 (a) Effect of heat transfer across the pinch.....	9
Figure 2.2 (b) Effect of utility cooling above the pinch.....	9
Figure 2.2 (c) Effect of utility heating below the pinch.....	9
Figure 2.3 Pinch division of TC3 shown in the grid.....	10
Figure 2.4 (a) A threshold problem.....	11
Figure 2.4 (b) A pinched problem.....	11
Figure 2.4 (c) The threshold ΔT_{\min}	11
Figure 2.5 (a) Data for 7SP2.....	12
Figure 2.5 (b) The threshold ΔT_{\min} for 7SP2.....	12
Figure 2.5 (c) $\Delta T_{\min} > \Delta T_{\text{thresh}}$ for 7SP2.....	12
Figure 2.6 (a) The correct placement of a new hot utility.....	14
Figure 2.6 (b) Distributing the minimum heating requirement.....	14
Figure 2.6 (c) The utility pinch.....	14
Figure 4.1 Concept of Design States.....	23
Figure 5.1 Simplified program flow chart.....	45
Figure 5.2 Simplified flow chart of Preanalysis Step.....	47
Figure 5.3 Flow chart for determining pinch temperature and minimum utility requirement.....	48
Figure 5.4 A simplified flow chart of Network Invention Step.....	51
Figure 5.5 A flow chart of the Designer function.....	52
Figure 5.6 A flow chart showing how match operators work (matching process) ...	53

LIST OF FIGURES (continued)

	Page
Figure 6.1.1 The States Generated for 5SP1.....	56
Figure 6.1.2 The Grid Representation of Solution No. 1/5 of 5SP1 problem.....	57
Figure 6.1.3 The Grid Representation of Solution No. 2/5 of 5SP1 problem.....	58
Figure 6.1.4 The Grid Representation of Solution No. 3/5 of 5SP1 problem.....	59
Figure 6.1.5 The Grid Representation of Solution No. 4/5 of 5SP1 problem.....	60
Figure 6.1.6 The Grid Representation of Solution No. 5/5 of 5SP1 problem.....	61
Figure 6.2.1 The Grid Representation of Solution No. 1/4 of 6SP1 problem.....	63
Figure 6.2.2 The Grid Representation of Solution No. 2/4 of 6SP1 problem.....	64
Figure 6.2.3 The Grid Representation of Solution No. 3/4 of 6SP1 problem.....	65
Figure 6.2.4 The Grid Representation of Solution No. 4/4 of 6SP1 problem.....	66
Figure 6.3.1 The States Generated for the First 2 Solutions of 4TC3.....	69
Figure 6.3.2 The Grid Representation of Hot end solutions No. 1 / 4 of 4TC3.....	70
Figure 6.3.3 The Grid Representation of Hot end solutions No. 2 / 4 of 4TC3.....	70
Figure 6.3.4 The Grid Representation of Hot end solutions No. 3 / 4 of 4TC3.....	71
Figure 6.3.5 The Grid Representation of Hot end solutions No. 4 / 4 of 4TC3.....	71
Figure 6.3.6 The Grid Representation of Cold end solutions No. 1 / 4 of 4TC3.....	72
Figure 6.3.7 The Grid Representation of Cold end solutions No. 2 / 4 of 4TC3.....	73
Figure 6.3.8 The Grid Representation of Cold end solutions No. 3 / 4 of 4TC3.....	74
Figure 6.3.9 The Grid Representation of Cold end solutions No. 4 / 4 of 4TC3.....	75
Figure 6.4.1 The Grid Representation of Cold end solutions No. 1 / 30 of 10SP1...	79
Figure 6.4.2 The Grid Representation of Cold end solutions No. 2 / 30 of 10SP1...	80
Figure 6.4.3 The Grid Representation of Cold end solutions No. 3 / 30 of 10SP1...	81
Figure 6.4.4 The Grid Representation of Cold end solutions No. 4 / 30 of 10SP1...	82

LIST OF FIGURES (continued)

	Page
Figure 6.4.5 The Grid Representation of Cold end solutions No. 5 / 30 of 10SP1...	83
Figure 6.4.6 The Grid Representation of Cold end solutions No. 6 / 30 of 10SP1...	84
Figure 6.4.7 The Grid Representation of Cold end solutions No. 7 / 30 of 10SP1...	85
Figure 6.4.8 The Grid Representation of Cold end solutions No. 8 / 30 of 10SP1...	86
Figure 6.4.9 The Grid Representation of Cold end solutions No. 9 / 30 of 10SP1...	87
Figure 6.4.10 The Grid Representation of Cold end solutions No. 10/ 30 of 10SP1.	88
Figure 6.4.11 The Grid Representation of Cold end solutions No. 11/ 30 of 10SP1.	89
Figure 6.4.12 The Grid Representation of Cold end solutions No. 12/ 30 of 10SP1.	90
Figure 6.4.13 The Grid Representation of Cold end solutions No. 13/ 30 of 10SP1.	91
Figure 6.4.14 The Grid Representation of Cold end solutions No. 14/ 30 of 10SP1.	92
Figure 6.4.15 The Grid Representation of Cold end solutions No. 15/ 30 of 10SP1.	93
Figure 6.4.16 The Grid Representation of Cold end solutions No. 16/ 30 of 10SP1.	94
Figure 6.4.17 The Grid Representation of Cold end solutions No. 17/ 30 of 10SP1.	95
Figure 6.4.18 The Grid Representation of Cold end solutions No. 18/ 30 of 10SP1.	96
Figure 6.4.19 The Grid Representation of Cold end solutions No. 19/ 30 of 10SP1.	97
Figure 6.4.20 The Grid Representation of Cold end solutions No. 20/ 30 of 10SP1.	98
Figure 6.4.21 The Grid Representation of Cold end solutions No. 21/ 30 of 10SP1.	99
Figure 6.4.22 The Grid Representation of Cold end solutions No. 22/ 30 of 10SP1.	100
Figure 6.4.23 The Grid Representation of Cold end solutions No. 23/ 30 of 10SP1.	101
Figure 6.4.24 The Grid Representation of Cold end solutions No. 24/ 30 of 10SP1.	102
Figure 6.4.25 The Grid Representation of Cold end solutions No. 25/ 30 of 10SP1.	103
Figure 6.4.26 The Grid Representation of Cold end solutions No. 26/ 30 of 10SP1.	104
Figure 6.4.27 The Grid Representation of Cold end solutions No. 27/ 30 of 10SP1.	105

LIST OF FIGURES (continued)

	Page
Figure 6.4.28 The Grid Representation of Cold end solutions No. 28/ 30 of 10SP1.	106
Figure 6.4.29 The Grid Representation of Cold end solutions No. 29/ 30 of 10SP1.	107
Figure 6.4.30 The Grid Representation of Cold end solutions No. 30/ 30 of 10SP1.	108
Figure 6.5.1 The Grid Representation of Cold end solutions No. 1 / 30 of the Large Problem.....	112
Figure 6.5.2 The Grid Representation of Cold end solutions No. 2 / 30 of the Large Problem.....	113
Figure 6.5.3 The Grid Representation of Cold end solutions No. 10/ 30 of the Large Problem.....	114
Figure 6.5.4 The Grid Representation of Cold end solutions No. 7 / 30 of the Large Problem.....	115
Figure 6.5.5 The Grid Representation of Cold end solutions No. 4 / 30 of the Large Problem.....	116
Figure 6.5.6 The Grid Representation of Cold end solutions No. 13 / 30 of the Large Problem.....	117

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย