

**การปรับปรุงการออกแบบเครื่องต่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้นสำหรับการใช้งาน  
และการผลิตในประเทศไทย**

**นายพิรศุภม์ ชีระโกเมน**



**สถาบันวิทยบริการ**

**วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

**ปีการศึกษา 2542**

**ISBN 974-334-737-2**

**ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**

# Improvement of Double Skin Air Handling Unit Design for Using and Manufacturing in Thailand

Mr. Peerasut Thirakomen

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements  
for the Degree of Master of Engineering in Engineering Management  
The Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering

Faculty of Engineering  
Chulalongkorn University

Academic Year 1999

ISBN 974-334-737-2

Thesis Title: Improvement of Double Skin Air Handling Unit Design for Using  
and Manufacturing in Thailand

. By: Peerasut Thirakomen

Department: Regional Centre for Manufacturing Systems Engineering

Thesis Advisor: Associate Professor Dr. Somsak Chaiyapinunt

Thesis Co-Advisor: Mr. Sakdirat Atthasartsri

---

Accepted by the Faculty of Engineering, Chulalongkorn University in  
Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree



Dean of Faculty of Engineering

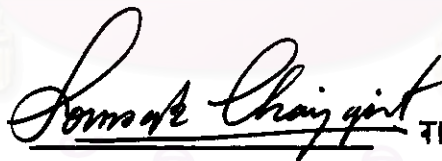
(Professor Dr. Somsak Panyakeow)

#### THESIS COMMITTEE



Chairman

(Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr. Ing.)



Thesis Advisor

(Associate Professor Somsak Chaiyapinunt, Ph.D.)



Thesis Co-advisor

(Mr. Sakdirat Atthasartsri, MBA)



Member

(Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D.)

พีรศุภรต์ สีระโกเมน : การปรับปรุงการออกแบบเครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้นสำหรับการใช้งาน และการผลิตในประเทศไทย (Improvement of double skin air handling unit design improvement for using and manufacturing in Thailand) อ. ที่ปรึกษา : รศ. ดร. สมศักดิ์ ไชยะภินันท์, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นายศักดิ์รัตน์ อรรถศาสตร์ศรี, 180 หน้า. ISBN 974-334-737-2

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการวิจัยและเสนอแนะการปรับปรุงการออกแบบ เครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้นสำหรับการใช้งาน และการผลิตในประเทศไทย ที่ได้รับการปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า จะทำการนำเสนอเป็นทางเลือกในการผลิต และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ปัญหาหลัก ๆ ที่พบในเครื่องส่งลมเย็น คือ การที่มีอุณหภูมิความร้อนไม่เพียงพอและมีการนำความร้อนผ่านผนัง ซึ่งส่งผลให้เกิดการควบแน่นของน้ำ ที่ผนังเครื่องส่งลมเย็นภายนอกเครื่อง ปัญหาอื่น ๆ ที่พบ คือ ข้อจำกัดของวัสดุทองถิ่นที่ใช้ในการผลิตซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของเครื่องส่งลมเย็น และ ความต้องการการผลิตที่แม่นยำของชิ้นส่วนเครื่องส่งลมทำให้ระยะเวลาในการผลิตเครื่องส่งลมเย็น แต่ละเครื่อง ใช้เวลานาน ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำจะทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้สูญเสียตลาด และรายได้ของบริษัทผู้ผลิตเครื่องส่งลมเย็น

ในการวิจัยได้มีกร รสัฒนภาพรรมักคุ่มด้วยอย่างของลูกค้ำ และทำการสำรวจความต้องการของลูกค้ำ เครื่องส่งลมเย็นในประเทศไทยและได้มีการนำเอากระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ แบบQuality Function Deployment (QFD) มาใช้เพื่อเปลี่ยนความต้องการของลูกค้ำ ให้เป็นข้อกำหนดทางวิศวกรรม เพื่อให้ผู้ ออกแบบผลิตภัณฑ์ นำไปปรับปรุงเครื่องส่งลมเย็น ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้ำให้มากที่สุด คอมพิวเตอร์ซอฟต์แวร์ QFD/Pathway™ ถูกนำมาช่วยในการวิเคราะห์ ระบบCAD 3 มิติ ถูกนำมาใช้เพื่อ ช่วยให้แบบที่ออกมีความสามารถในการผลิตและมีความแน่นอนตรงตามแบบที่ออกไว้

จากการวิเคราะห์จะได้รายละเอียดความต้องการของลูกค้ำ ซึ่งนำมาเป็นฐานในการออกแบบและพัฒนาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้น และ ผู้วิจัย ได้ทำการเลือกแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ได้มีการศึกษากฎหมายห้องถิ่นและมาตรฐานการผลิตและข้อเสนอแนะของการออกแบบเพื่อใช้ในส่วนอ้างอิงของการปรับปรุงการออกแบบให้ดีขึ้น

จากแนวทางที่เลือกเครื่องส่งลมเย็นการออกแบบใหม่จะมีการปรับปรุงในส่วนต่อไปนี้ โครงสร้าง ได้รับการพัฒนาให้แข็งแรง และสามารถถอดประกอบได้ ไม่มีการนำพาความร้อนผ่านผนัง พื้น และ โครงสร้างของเครื่องส่งลมเย็น ผนังและพื้นของเครื่องส่งลมเย็นสามารถปรับความหนาได้ มีการลดความต้องการในการใช้ชิ้นส่วนที่ต้องมีความแม่นยำในการผลิตสูง ประตุเครื่อง ได้มีการออกแบบขึ้นมาใหม่ และการติดตั้งคอยล์เย็นได้ปรับปรุงให้สามารถถอดใส่ได้ง่ายขึ้น พร้อมทั้งนี้ ในการวิจัย ได้มีการผลิตเครื่องต้นแบบเพื่อทำการทดสอบ และให้ในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ต่อไป

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต

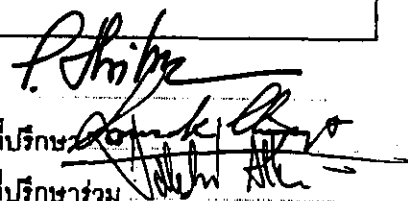
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



##4071603221 : MAJOR: ENGINEERING MANAGEMENT

KEYWORD: AIR HANDLING UNIT (AHU)/QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT (QFD)/  
PRODUCT DEVELOPMENT

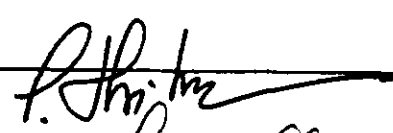
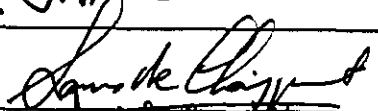
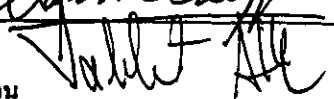
PEERASUT THIRAKOMEN: IMPROVEMENT OF DOUBLE SKIN AIR  
HANDLING UNIT DESIGN IMPROVEMENT FOR USING AND  
MANUFACTURING IN THAILAND THESIS ADVISOR ASSIST. PROF.  
SOMSAK CHAIYAPINUNT, THESIS CO-ADVISOR MR. SAKDIRAT  
ATTASARTSRI, 180 pp. ISBN 974-334-737-2

This thesis is the study and recommendation of the double skin Air Handling Unit (AHU) design improvements for using and manufacturing in Thailand market. The improved AHU design that convene with the customer demands will be proposed as alternative to local manufacturer for product improvement opportunities.

One of The existing major problems in local existing product are insufficient thermal insulation and thermal bridges in design that cause some condensation at AHU exterior. Other problems are local material limitation that effect low structures strength and high precision production requirement of design that consume assembly time. Poor product quality leads to unsatisfactory of customers, lost of local competition, lost of local market share and lost of revenue.

Local customer interviews and surveys are conducted to generate the actual Thailand AHU customer demands. Quality Function Deployment (QFD) is implemented to transform customer demands for better product design. QFD/Pathway™ computer software is used as a tool in this design analysis. 3D CAD system is used in for this AHU design with the intention of increasing the Design for Manufacturability (DFM) and design robustness. Local regulations and international standard and design guideline is gathered for design improvement references.

Results from the design analysis, customer demands are obtained. New design improvement concepts are generated and the best-generated design concept is selected. From the selected concept, AHU design is improved in following area: new structure design of AHU increases the strength, flexibility and knockdown capability, zero thermal bridge, capability of varying wall and floor thickness, reducing precision requirement of certain parts, new access door, coil serviceability and coil replacement. The preliminary product prototype is produced from 3D CAD graphics systems for management presentation. Mock up unit is built for design verification and sample product for management proposal.

ภาควิชา คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนิสิต   
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา   
ปีการศึกษา 2542 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 



## Acknowledgements

The author is very much obliged to Associate Professor Somsak Chaiyapinunt, the thesis advisor, and Mr. Sakdirath Atthasartsri, the thesis co-advisor, for their kind suggestions and advice in facilitating the completion of this thesis.

The author would like to thank you all colleagues in the Air-Conditioning Engineering Association of Thailand who had shared opinions, suggestion and provided the necessary data and idea for this thesis. Great appreciation go to all HVAC engineer who kindly help the customer survey success.

Great appreciation go out to OLY Condair (Malaysia) staff and Mr. C. S. Tan, the managing director for sharing experiences and facilitated the author while visiting the factory. Also author would like to thank you Mr. Chaiyaporn Jitrjaroen and his staffs at the CP (1994) Co., Ltd factory for providing facility for making the prototype unit

The author also would like to express his sincere thanks to Associate Professor Tatchai Sumitra, The Chairman of the Thesis Committee, and Professor Sirichan Thongprasert, member of the Thesis Committee, for their kind suggestions toward the writing of this thesis.

The author is forever indebted to dearest Mom, Dad and my brother for the kind supports they have given throughout the entire course of studies, without which the completion of this thesis would never be possible.

สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Table of Contents

<b>Abstract (Thal)</b> .....		<b>iv</b>
<b>Abstract (English)</b> .....		<b>v</b>
<b>Acknowledgement</b> .....		<b>vi</b>
<b>Table of Content</b> .....		<b>vii</b>
<b>Table of Figures</b> .....		<b>ix</b>
<b>List of Tables</b> .....		<b>xii</b>
<b>Chapter 1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
	1.1 History of Heating Ventilation and Conditioning Industries in Thailand ....	1
	1.2 Air Conditioning Industrial market Segmentation, by product.....	2
	1.3 Air Handling Unit market Segmentation, by industries' requirement .....	5
	1.4 Major Brand of Air Handling Unit in Thailand market.....	8
	1.5 AHU market Environment.....	9
	1.6 Problem of Existing AHU Design in Thailand.....	12
<b>Chapter 2</b>	<b>Detail of research</b> .....	<b>13</b>
	2.1 objective of Study .....	13
	2.2 Scope of Study .....	13
	2.3 Procedure & methodology .....	14
	2.4 Expected benefits To the Academic & Industries .....	15
	2.5 Literature survey.....	15
	2.6 Standard and Regulation.....	21
	2.7 Manufacturing Limitation in Thailand Manufacturing Facility .....	23
<b>Chapter 3</b>	<b>AHU Design Improvement Using QFD Approach Part-1</b> .....	<b>27</b>
	3.1 QFD/Pathway for Design Air Handling Unit (AHU) in Thailand... ..	33
	3.2 QFD Team Setup .....	39
	3.3 Retrieving the Customers Demand in Market .....	40
	3.4 VOCT: Generating The Voice of Customer Table .....	42
	3.5 QFD Matrix A1 : Demanded Quality and Substitute Quality .....	48
	3.6 QFD Matrix A2 function and substitute Quality Characteristics ..	61
	3.7 QFD Matrix A3 Substitute Characteristic .....	66
<b>Chapter 4</b>	<b>Product Design Improvement Using QFD approach Part-2</b> .....	<b>69</b>
	4.1 Concept Design.....	69
	4.2 Concept Generation for Air Handling Unit (AHU) Design Improvement .....	70
	4.3 Concept 1 .....	71
	4.4 Concept 2.....	79

## Table of Content (Continue)

	4.5 Concept 3.....	84
	4.6 Concept 4.....	88
	4.7 QFD Table E4: new concept Selection Summary .....	94
	4.8 Quality Function Deployment (QFD) Matrix E4 Score Summary.....	103
<b>Chapter 5</b>	<b>Air Handling Unit Detail Design.....</b>	<b>104</b>
	5.1 Focus Equipment module & Unit Size.....	104
	5.2 The Air Handling Unit (AHU) Direction Designation .....	108
	5.3 Main Structure of "Concept 4" .....	109
	5.4 Wall & Floor Panel.....	116
	5.5 Service Door Panel.....	123
	5.6 Coil Section .....	125
	5.7 Fan and Drive Section .....	131
	5.8 Filter section.....	143
	5.9 Dampers.....	147
<b>Chapter 6</b>	<b>Prototype .....</b>	<b>149</b>
	6.1 Prototype Unit.....	150
	6.2 Design Verification.....	151
	6.3 Benchmarking of New Prototype .....	152
<b>Chapter 7</b>	<b>Conclusion and Recommendation.....</b>	<b>154</b>
<b>Reference</b>	.....	<b>158</b>
<b>Appendix</b>	.....	<b>162</b>
<b>Biography</b>	.....	<b>180</b>

สถาบันวิทยบริการ  
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## Table of Figures

Figure 3.1: The house of Quality.....	28
Figure 3.2: American Supplier institute's Four-Phase Approach of Quality Function Development .....	29
Figure 3.3: Goal/QPC Research Committee, Quality Function Deployment (QFD) Approach: matrix of matrixes .....	30
Figure 3.4: Goal/Quality Function Deployment (QFD) Approach: Matrix of Matrixes Relationship.....	31
Figure 3.5: Goal/Quality Function Deployment (QFD) Approach, Matrix Flow.....	32
Figure 3.6: QFD/Pathway™ Welcome Screen.....	33
Figure 3.7: QFD/Pathway™ Selection Screen.....	34
Figure 3.8: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow for Air handling Unit (AHU) Design .....	37
Figure 3.9: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow: Customer Survey.....	40
Figure 3.10: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow : VOCT.....	42
Figure 3.11: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow Matrix A1.....	48
Figure 3.12: Quality Function Deployment (QFD) Matrix aA1 .....	48
Figure 3.13: Completed Function Deployment (QFD) Matrix A1 assessment, following result Obtained.....	57
Figure 3.14: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow :Matrix A2.....	61
Figure 3.15: Quality Function Deployment (QFD) Matrix A2 .....	63
Figure 3.16: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow: Matrix A3.....	66
Figure 3.17: Completed Matrix A3 .....	67
Figure 4.1: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow: concept generation .....	70

## Table of Figures (Continue)

Figure 4.2: Sketch of "Concept 1" Main Post .....	71
Figure 4.3: The "Concept 1" Corner Piece .....	72
Figure 4.4: "Concept 1" Post + Corner Assembly .....	72
Figure 4.5: Base Frame for Concept 1 .....	73
Figure 4.6: Wall and Floor Panel "Concept 1" .....	74
Figure 4.7: Access Panel and Access Door "Concept 1" .....	75
Figure 4.8: Assembly of Concept 1 AHU .....	76
Figure 4.9: C-clamp .....	77
Figure 4.10: Fan installation of Concept 1 .....	78
Figure 4.11: C-Structure "Concept 2" .....	79
Figure 4.12: The cut section of wall and floor panel of "Concept 2" AHU .....	80
Figure 4.13: The panel assembly to C-channel "Concept 2" .....	81
Figure 4.14: Access door for Concept 2 .....	82
Figure 4.15: Fan installation of Concept 2 .....	82
Figure 4.16: Base frame structure of "Concept 2" .....	83
Figure 4.17: Concept 1 part modification to "Concept 3" .....	84
Figure 4.18: Assembly of "Concept 3" steel profile and corner piece .....	85
Figure 4.19: "Concept 3" completed frame assembly .....	85
Figure 4.20: Inner panel plastic profile frame .....	86
Figure 4.21: Module connection of "Concept 3" .....	87
Figure 4.22: Concept 4 .....	89
Figure 4.23: L-Post "Concept 4" .....	90
Figure 4.24: External shell of "Concept 4" wall and floor panel .....	91
Figure 4.25: Exploded assembly of "Concept 4" wall panel .....	91

## Table of Figures (Continue)

Figure 4.26: Panel Fastening : Concept 4.....	92
Figure 4.27: 45degrees door Panel.....	93
Figure 4.28: Quality Function Deployment (QFD) Process Flow :E4.....	94
Figure 4.29: The Quality function Deployment Matrix E4 .....	95
Figure 4.30: First Trial Matrix e4 for AHU Concept Selection .....	99
Figure 4.31: second Trial Matrix e4 for AHU Concept Selection .....	100
Figure 4.32: Third Trial Matrix e4 for AHU Concept Selection.....	101
Figure 4.33: Fourth Trial Matrix e4 for AHU Concept Selection.....	102
Figure 5.1: The Capacity/Cost of Construction Relation of Air handling Unit (AHU).....	107
Figure 5.2: The Concept 4 Sizing Range.....	108
Figure 5.3: Left –Right Designation.....	109
Figure 5.4: Flat Plate of the Structure Comer.....	110
Figure 5.5: structure Comer .....	110
Figure 5.6: Frame Structure End.....	111
Figure 5.7: Frame Structure Cross Section.....	111
Figure 5.8: Complete Frame Structure.....	112
Figure 5.9: Drawing of the Frame Structure.....	113
Figure 5.10: Drawing of the Corner Piece.....	113
Figure 5.11: Assembly of the corner pieces and L-shape frame .....	114
Figure 5.12: Complete Assembly of Air Handling Unit (AHU) Structure .....	114
Figure 5.13: C-frame .....	115
Figure 5.14: Complete Base Frame.....	116
Figure 5.15: Reinforced Plastic Profile .....	118

## Table of Figures (Continue)

Figure 5.16: Exploded drawing of panel assembly .....	118
Figure 5.17: Cut Section Improve Design Wall & Floor Panel .....	119
Figure 5.18: Cap-Bush & Bolt.....	122
Figure 5.19: Cut Section Cap-Bush & Bolt.....	122
Figure 5.20: Cut section Access Door comer .....	123
Figure 5.21: Exploded assembly of door panel “Concept 4” .....	124
Figure 5.22: Plastic Extruded for door frame .....	124
Figure 5.23: Complete Access Door Assembly .....	125
Figure 5.24: Coil Selection Output .....	129
Figure 5.25: Drain Pan .....	130
Figure 5.26: Drain Pan U-Trap Connector .....	131
Figure 5.27: Fan Curve, Fan Diagram .....	132
Figure 5.28: Example of fan selection output.....	141
Figure 5.29: Motor Positioning Alignment Position .....	142
Figure 5.30: Filter Arrangement .....	147
Figure 6.1: Complete Unit Design .....	149
Figure 6.2: Prototype Partial Assembly Photo .....	150

## List of Tables

Table 1.1	The Market Size of Air handling unit (AHU) in Thailand 1995-1999 .....	10
Table 1.2	The Market Size of Air handling unit (AHU) in Thailand 1995-1999 .....	10
Table 3.1	Goal/QPC Quality function Deployment (QFD) approach, matrix of Matrixes relationship: Purpose to Be Achieved and Matrix Required .....	32
Table 3.2	Example of VOCT .....	44
Table 3.3	The VOCT output of The Air Handling Unit (AHU) design improvement.....	45
Table 3.4	The final result and weight of the customer demands, functions and Reliability.....	47
Table 3.5	The Substitute Quality Characteristic.....	52
Table 3.6	Competitive Benchmarking for AHU .....	53
Table 3.7	Completed ranked score "Substituted Quality Characteristics" for double skin AHU .....	54
Table 3.8	Technical Benchmarking for AHU.....	56
Table 3.9	Key design opportunity from competitive benchmarking.....	59
Table 3.10	Key design opportunity from technical benchmarking.....	60
Table 3.11	New proposed function of double skin AHU .....	63
Table 3.12	The Quality Function Deployment (QFD) matrix A2 for Air Handling Unit (AHU) design improvement.....	64
Table 4.1	List of QFD matrix Part-1.....	96
Table 4.2	Example of Matrix E4 Comparison .....	98
Table 4.3	The Quality Function Deployment (QFD) Matrix E4 Score Summary.....	103
Table 5.1:	The capacity/Cost of construction Ratio.....	106

### List of Tables (Continue)

Table 5.2:	List of the Frame Length .....	112
Table 5.3:	Coil Size in tube Height and fin Length .....	129
Table 5.4:	Maximum Fan Size and Motor Alignment.....	142
Table 5.5:	Damper Size.....	148
Table 6.1:	Benchmarking of prototype to "Customer Demands" using QFD Matrix A1 .....	152
Table 6.2	Benchmarking of prototype to "Substituted Quality Characteristics" using QFD Matrix A1.....	153



สถาบันวิทยบริการ  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย