การปรับปรุงการออกแบบเครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้นสำหรับการใช้งานและการผลิตในประเทศไทย

นายพีรศุษม์ ธีระโกเมน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการทางวิศวกรรม ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-737-2

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I 19274614

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.)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการวิจัยและเสนอแนะการปรับปรุงการออกแบบ เครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้นสำหรับการใช้งาน และการผลิตในประเทศไทย ที่ได้รับการปรับปรุงให้ตรงกับความต้องการของลูกค้า จะทำการนำเสนอเป็นทางเลือกในการผลิต และพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

ปัญหาหลัก ๆ ที่พบในเครื่องส่งลมเย็น คือ การที่มีฉนวนกันความร้อนไม่เพียงพอและมีการนำความร้อนผ่านผนัง ซึ่งส่งผลให้เกิดการควบแน่นของน้ำที่ผนังเครื่องส่งลมเย็นภายนอกเครื่อง ปัญหาอื่น ๆ ที่พบ คือ ข้อจำกัดของวัสดุท้องถิ่นที่ใช้ในการผลิตซึ่งส่งผลต่อความแข็งแรงของเครื่องส่งลมเย็น และ ความต้องการ การผลิตที่แม่นยำของชิ้นส่วนเครื่องส่งลมทำให้ระยะเวลาในการผลิตเครื่องส่งลมเย็น แต่ละเครื่องใช้เวลานาน ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพต่ำจะทำให้มีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ทำให้สูญเสียตลาดและรายได้ของบริษัทผู้ผลิตเครื่องส่งลมเย็น

ในการวิจัยได้มีการสัมภาษณ์กลุ่มตัวอย่างของลูกค้า และทำการสำรวจความต้องการของลูกค้าเครื่องส่งลมเย็นในประเทศไทยและได้มีการนำเอากระบวนการออกแบบผลิตภัณฑ์ แบบQuality Function Deployment (QFD) มาใช้เพื่อเปลี่ยนความต้องการของลูกค้า ให้เป็นข้อกำหนดทางวิศวกรรม เพื่อให้ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ นำไปปรับปรุงเครื่องส่งลมเย็น ให้ตรงกับความต้องการของลูกค้าให้มากที่สุด คอมพิวเตอร์ซอฟแวร์ QFD/Pathway™ ถูกนำมาช่วยในการวิเคราะห์ ระบบCAD 3 มิติ ถูกนำมาใช้เพื่อช่วยให้แบบที่ออกมีความสามารถในการผลิตและมีความแน่นอนตรงตามแบบที่ออกไว้

จากการวิเคราะห์จะได้รายละเอียดความต้องการของลูกค้า ซึ่งนำมาเป็นฐานในการออกแบบและพัฒนาแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เครื่องส่งลมเย็นชนิดผนังสองชั้น และ ผู้วิจัย ได้ทำการเลือกแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุด ได้มีการศึกษากฎหมายท้องถิ่นและมาตรฐานการผลิตและข้อเสนอแนะของการออกแบบเพื่อใช้ในส่วนอ้างอิงของการปรับปรุงการออกแบบให้ดีขึ้น

จากแนวทางที่เลือกเครื่องส่งลมเย็นการออกแบบใหม่จะมีการปรับปรุงในส่วนต่อไปนี้: โครงสร้างได้รับการพัฒนาให้แข็งแรง และสามารถถอดประกอบได้ ไม่มีการนำพาความร้อนผ่านผนัง พื้น และ โครงสร้างของเครื่องส่งลมเย็น ผนังและพื้นของเครื่องส่งลมเย็นสามารถปรับความหนาได้ มีการลดความต้องการในการใช้ชิ้นส่วนที่ต้องมีความแม่นยำในการผลิตสูง ประตูเครื่อง ได้มีการออกแบบขึ้นมาใหม่ และการติดตั้งคอยล์เย็นได้ปรับปรุงให้สามารถถอดใส่ได้ง่ายขึ้น พร้อมกันนี้ ในการวิจัย ได้มีการผลิตเครื่องต้นแบบเพื่อทำการทดสอบ และให้ในการนำเสนอผลิตภัณฑ์ต่อไป

ภาควิชา	ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต	ลายมือชื่อนิสิต	
สาขาวิชา	การจัดการทางวิศวกรรม	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	
ปีการศึกษา	2542	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.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต 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. Chaiyapom 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

Abstract (Thai) iv
Abstract (English) v
Acknowledgement vi
Table of Content vii
Table of Figures ix
List of Tables xii
Chapter 1 Introduction 1
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
Chapter 2 Detail of research 13
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
Chapter 3 AHU Design Improvement Using QFD Approach Part-1 27
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
Chapter 4 Product Design Improvement Using QFD approach Part-2 69
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 Summary103

Chapter 5 **Air Handling Unit Detail Design 104**
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

Chapter 6 **Prototype 149**
6.1 Prototype Unit 150
6.2 Design Verification 151
6.3 Benchmarking of New Prototype 152

Chapter 7 **Conclusion and Recommendation 154**

Reference **158**

Appendix **162**

Biography **180**

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 Corner 110

Figure 5.5: structure Corner 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

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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