

# การพัฒนารายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโครงการอาคารของรัฐ



นาย เกื้ออนันต์ เตชะโต

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม

ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-333-479-3

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DEVELOPMENT OF THE ENERGY AUDIT REPORT ON ENERGY  
CONSERVATION IN STATE BUILDING PROJECT**

**Mr. KUA-ANAN TECHATO**

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

**Faculty of Engineering  
Chulalongkom University**

**Academic Year 1999**

**ISBN 974-333-479-3**

Thesis Title Development of the Energy Audit Report on Energy Conservation  
in the State Building Project

By Mr. Kua-anan Techato

Department Engineering Management

Thesis Advisor Assoc. Prof. Dr. Manit Thongprasert

Thesis Co-Advisor Mr. Athikom Nil-ubol

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

*Tatchai Sumitra* .....Dean of Faculty of Engineering  
( Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr. Ing. )

THESIS COMMITTEE

*Tatchai Sumitra* .....Chairman  
( Associate Professor Tatchai Sumitra, Dr. Ing. )

*M. Thongprasert* .....Thesis Advisor  
( Associate Professor Manit Thongprasert, Ph.D.)

*N. Athikom* .....Thesis Co-advisor  
( Mr. Athikom Nil-ubol )

*Sirichan Thongprasert* .....Member  
( Professor Sirichan Thongprasert, Ph.D. )

เกื้ออนันต์ เตชะโต : การพัฒนารายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน โครงการ การอนุรักษ์พลังงานอาคารของรัฐ อ.ที่ปรึกษา: รศ. ดร. มานิจ ทองประเสริฐ ที่ปรึกษา  
ร่วม : อธิคม นิลอุบล, 190 หน้า ISBN 997-333-479-3.

การพัฒนารายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในโครงการ การอนุรักษ์พลังงานอาคารของรัฐให้มีมาตรฐานและถูกต้อง เพื่อลดความผิดพลาดจากผู้จัดทำรายงานและความไม่ชัดเจนของข้อมูลประกอบการทำรายงาน โดยทำการวิจัยซึ่งมี 5 ขั้นตอนหลัก ขั้นที่หนึ่งคือการเก็บข้อมูลจากการบินที่ระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจรายงานในปี พ.ศ. 2539 ถึง พ.ศ. 2541 จำนวน 191 เล่ม พร้อมทั้งศึกษาขั้นตอนการทำรายงาน รวมถึงโครงสร้างของรายงานที่มีอยู่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2539 ขั้นที่สองคือการแจกแจงความถี่ของความผิดพลาดจากรายงาน 50 เล่ม แล้วใช้ “การวิเคราะห์แบบพาราโต” เพื่อหาข้อผิดพลาดหลักและข้อผิดพลาดรองที่พบได้จากการตรวจรายงานในอดีต ขั้นที่สามคือการใช้แผนผังก้างปลาหาสาเหตุของความผิดพลาดหลักที่เกิดขึ้นในอดีต จากนั้นก็ระบุแนวทางแก้ไขลงในรูปแบบมาตรฐานของรายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน และเพื่อความสะดวกในการจัดทำแผนการอนุรักษ์พลังงานประกอบรายงาน จึงได้จัดทำรูปแบบแผนการอนุรักษ์พลังงานมาตรฐานด้วยไมโครซอฟท์เอ็กเซล แล้วใช้ “เมตริกซ์ของฟูก” เพื่อเปรียบเทียบรายงานมาตรฐานกับรายงานในอดีต ขั้นที่สี่คือการนำรูปแบบมาตรฐานของรายงานการตรวจวิเคราะห์ไปตรวจสอบความครบถ้วนของเนื้อหารายงานตามข้อกำหนดของการจัดทำรายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในอาคารของรัฐ ขั้นตอนที่ห้าคือนำรูปแบบรายงานมาตรฐานไปกำหนดรูปแบบรายงานของผู้จัดทำรายงานและให้ผู้จัดทำรายงานสามารถตรวจสอบรายงานด้วยตนเองได้ก่อนที่จะนำส่งผู้ตรวจ พร้อมทั้งบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจรายงาน 70 เล่ม และแจกแจงความถี่ของความผิดพลาดจากรายงาน 50 เล่ม แล้วเปรียบเทียบระยะเวลาและความผิดพลาดระหว่างก่อนและหลังการนำรูปแบบมาตรฐานของ รายงานไปใช้ จากการศึกษาพบว่าหลังจากใช้รายงานรูปแบบมาตรฐานจะทำให้การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน ใช้เวลาในการตรวจลดลงจาก 11 วัน เหลือ 7.3 วันต่อรายงานหนึ่งฉบับ และความผิดพลาดทุกจุดลดลงมากกว่าร้อยละห้าสิบโดยเฉลี่ย ซึ่งแนวทางต่อไปในการพัฒนารูปแบบของรายงานการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อไปคือการทำตามขั้นตอนที่กล่าวมาแล้วอย่างต่อเนื่อง

ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต  
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม  
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิติ.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม.....

KUA-ANAN TECHATO : DEVELOPMENT OF THE ENERGY AUDIT REPORT ON ENERGY CONSERVATION IN STATE BUILDING PROJECT. THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. MANIT THONGPRASERT, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ATHIKOM NIL-UBOL, 190 pp. ISBN 997-333-479-3

The development of the energy audit report on Energy Conservation in state building project for the standard and correction aimed at the reduction of the mistakes from auditor and the unclear information. The method of research was classified into 5 steps. The first step was to collect the time required for reviewing 50 energy audit reports from 1996 to 1998. Then studied the process and the organization of the existing report . The second step was to do histogram of the mistake from 191 reports. Next used the Pareto Analysis to find the major and minor mistake. The third step was to find the causes of the mistakes by using the fishbone diagram and put the corrective measures into the standard format. Moreover, used Microsoft Excel for making the energy conservation plan. After that used the Pugh Matrix for comparing the standard format to the report in the past. The fourth was to check the completion of the standard format as the term of reference and implemented the standard format to the auditor. The auditor could use the standard format to review it by himself before send to the reviewer. In the same time, recorded the time for reviewing from 70 reports and recorded the mistake from 50 reports. The fifth step was to compare the time for reviewing and mistake between before and after implemented the standard format. The result shows that the consumed time for reviewing was reduced from 11 days to 7.3 days per each report and the mistake at every point was reduced. The next phase of development should apply this method again to follow the updated term of reference to achieve a continuous improvement.

ศูนย์ระดับภูมิภาคทางวิศวกรรมระบบการผลิต  
สาขาวิชา การจัดการทางวิศวกรรม  
ปีการศึกษา 2542

ลายมือชื่อนิสิต.....  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ลายมือชื่อที่ปรึกษาร่วม.....

## Acknowledgement



This thesis was finished with the good advice from Associate Professor Dr. Manit Thongprasert my academic supervisor, Associate Professor Dr. Tatchai Sumitra the chairman of thesis committee, and Professor Dr. Sirichan Thongprasert my supervisor and member of thesis committee. The other one, who paid me kindness attention to me, is Mr. Athikom Nil-ubol my industrial supervisor.

Lastly with all great support from my parents, my sister and my brother make this research was completed.

## Contents

|  | Pages |
|--|-------|
| Abstract (Thai).....   | iv    |
| Abstract (English).....  | v     |
| Acknowledgement.....   | vi    |
| Contents.....  | vii   |
| List of Tables.....  | x     |
| List of Illustrations.....   | xi    |
| List of Abbreviations.....   | xii   |
| Chapter 1 Introduction.....  | 1     |
| 1.1 Background and Importance of Problem.....                        | 1     |
| 1.2 State of Problem.....  | 4     |
| 1.3 Objectives of Research.....                                      | 5     |
| 1.4 Scope of Research.....   | 5     |
| 1.5 Primary Commitment in Research.....                              | 6     |
| 1.6 Limitation of Research.....                                      | 6     |
| 1.7 Assumption of Research.....                                      | 6     |
| 1.8 Definition of Word in Research.....                              | 7     |
| 1.9 Benefit from Research.....                                       | 9     |
| 1.10 Methodology of Research.....                                    | 9     |
| 1.11 Schedule of Research.....                                       | 11    |
| Chapter 2 Idea and Theory about Research.....                        | 12    |
| 2.1 Term of Reference (TOR) of theEnergy Audit Report.....           | 12    |
| 2.1.1 Introduction.....  | 12    |
| 2.1.2 Survey and audit the characteristic of energy utilization..... | 12    |
| 2.1.3 Technical analysis.....  | 15    |
| 2.1.4 Show the detail of Implement.....                              | 17    |
| 2.2 Energy Audit.....  | 18    |
| 2.3 Approaches of Energy Management.....                             | 21    |

|           | Pages  |
|-----------|--|
| 2.4       | Energy Conservation in Building.....23   |
| 2.5       | Data Collection.....24   |
| 2.6       | Energy Audit Report Presentation.....24  |
| 2.6.1     | Introduction.....24  |
| 2.6.2     | Detail of energy utilization in main equipment.....26  |
| 2.6.3     | Energy conservation opportunities assessment.....26  |
| 2.6.4     | Other measures in energy conservation.....27   |
| 2.6.5     | The assessment of the obstacle and the correct of the<br>Information.....27  |
| 2.6.6     | The assessment of the energy conservation in the past.....27   |
| 2.6.7     | The assessment of the person concerns the production and<br>consumption of the energy in building and the human<br>resource development.....27                               |
| 2.6.8     | The result of the energy conservation management about activity<br>management organization and also survey the opinion from the<br>managers and the concerning person.....28 |
| 2.6.9     | Conclusion and suggestion.....28   |
| 2.6.10    | The attachment document.....28   |
| 2.7       | Measures of Central Tendency.....28  |
| 2.8       | Literature Survey about the Energy Audit Report .....29  |
| 2.9       | Pareto Analysis.....31   |
| 2.10      | Cause and Effect Diagram.....33  |
| 2.11      | Pugh Matrix.....33   |
| Chapter 3 | Existing Procedure of the Energy Audit Reports Making.....37   |
| 3.1       | Consumed Time for Reviewing the Energy Audit Report.....37   |
| 3.2       | Flowchart of the Energy Audit Reports Making.....37  |
| 3.3       | Existing Organization of the Energy Audit Report.....38  |
| Chapter 4 | Pareto Analysis and the Fishbone Diagram for Correction.....56   |



|   | Pages  |
|---|--|
| Chapter 5   | Correction Measures for the Energy Audit Report.....75                                 |
| 5.1   | Variety of Interpretation on Term of Reference and Example.....75                      |
| 5.2   | The Interpretation of Standard Format and Example.....80                               |
| 5.3   | How Does the Standard Format Correct and Prevent the Mistake.....87                    |
| 5.4   | Pugh Matrix for Comparing Example Report in the Past and the<br>Standard Format.....88 |
| Chapter 6   | The Checking of the Standard Format to the Term of Reference.....90                    |
| Chapter 7   | Result of the Implementing of the Standard Format.....95                               |
| 7.1   | Time for Reviewing.....96  |
| 7.2   | Mistake from Reviewing.....96  |
| Chapter 8   | Conclusion and Suggestion.....108  |
| 8.1   | Conclusion.....108   |
| 8.2   | Suggestion.....110   |
| References  | .....111   |
| Appendix The Standard Format of the Energy Audit Report | .....114   |
| Vita  | .....190   |

## List of Tables

|  | Pages |
|--|-------|
| Table 2-1 Pugh Matrix.....   | 34    |
| Table 3-1 the Consumed Time for Reviewing the Report in 1996 and 1997-1998.....                          | 40    |
| Table 4-1 the Frequency of the Mistake from 50 Energy Audit Reports Reviewing.....                       | 58    |
| Table 5-1 the Median Price of Example Building.....  | 76    |
| Table 5-2 Example 1 of the Energy Conservation Plan.....   | 77    |
| Table 5-3 Example 2 of the Energy Conservation Plan.....   | 78    |
| Table 5-4 Standard Format with the Checklist box of the Energy Conservation Plan....                     | 84    |
| Table 5-5 Microsoft Excel for Preventing the Foolproof in the Standard Format.....                       | 85    |
| Table 5-6 Example Number 3 of the Energy Conservation Plan after Implemented<br>the Standard Format..... | 86    |
| Table 5-7 the Corrective and Preventive Method for Energy Conservation Plan.....                         | 87    |
| Table 5-8 Pugh Matrix for Comparing the Standard Format to the Report in the Past..                      | 88    |
| Table 6-1 the Checking of the Standard Format to the Term of Reference.....                              | 91    |
| Table 7-1 the Consumed Time for Reviewing the Report in 1999.....  | 97    |
| Table 7-2 the Frequency of the Mistake from 50 Energy Audit Report Reviewing.....                        | 102   |

## List of Illustrations

|   | Pages |
|---|-------|
| Figure 1-1 the Master Plan and the Project of the Energy Conservation Fund.....                 | 1     |
| Figure 1-2 the Step of Work in the Energy Conservation in the State Building Project....        | 4     |
| Figure 1-3 the Schedule of the Research.....  | 11    |
| Figure 3-1 the Flowchart of the Energy Audit Reports Making .....                               | 51    |
| Figure 3-2 the Organization of the Energy Audit Report.....                                     | 55    |
| Figure 4-1 the Histogram of the Mistake.....  | 68    |
| Figure 4-2 the Pareto Analysis for the Energy Audit Report.....                                 | 69    |
| Figure 4-3 the Fishbone Diagram of Mistake 18 and 26.....                                       | 70    |
| Figure 4-4 the Fishbone Diagram of Mistake 25.....  | 71    |
| Figure 4-5 the Fishbone Diagram of Mistake 59.....  | 72    |
| Figure 4-6 the Fishbone Diagram of Mistake 122 and 124.....                                     | 73    |
| Figure 4-7 the Fishbone Diagram of Mistake 123,125, and 126.....                                | 74    |
| Figure 5-1 Form of the Checkpoint Box in the Standard Format of the<br>Energy Audit Report..... | 66    |

## List of Abbreviations

|      |  | Pages |
|------|--|-------|
| 1.   | ECSB: the Energy Conservation in the Government or State-owned Building Project..... | 2     |
| 2.   | DEDP: the Department of Energy Development and Promotion.....                        | 2     |
| 3.   | ECCT: the Energy Conservation Center of Thailand.....                                | 3     |
| 4.   | IA: the Implement Agency.....  | 3     |
| 5.   | NEPO: the National Energy Policy Office.....   | 7     |
| 6.   | NEA: the National Energy Administration.....   | 8     |
| 7.   | MOSTE: Ministry of Science Technology and Environment.....                           | 8     |
| 8.   | FTI: the Federation of Thailand Industries.....                                      | 8     |
| 9.   | TOR: Term of Reference.....  | 12    |
| 10.  | EER: Energy Efficiency Ratio.....  | 13    |
| 11.  | COP: Co-efficient of Performance.....  | 13    |
| 12.  | OTTV: Overall Thermal Transfer Value.....  | 14    |
| 13.  | RTTV: Roof Thermal Transfer Value.....   | 14    |
| 14.  | %IRR: Internal Rate of Return .....  | 17    |
| 15.. | FCU: Fan Coil Unit.....  | 17    |
| 16.  | CDU: Condensing Unit.....  | 17    |
| 17.  | PEA: Preliminary Energy Audit.....   | 19    |
| 18.  | DEA: The Detailed Energy Audit.....  | 20    |