DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS AND LIGHTING SYSTEMS IN BUILDING

TANADE CHAISIT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENTS FOR
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
(TECHNOLOGY OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT)
FACULTY OF GRADUATE STUDIES
MAHIDOL UNIVERSITY
2004

ISBN 974-04-4863-1
COPYRIGHT OF MAHIDOL UNIVERSITY

Copyright by Mahidol University

DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS AND LIGHTING SYSTEMS IN BUILDING

.....

Mr. Tanade Chaisit
Candidate

.....

Asst. Prof. Bunyonvut Chullabodhi, M.Eng.
Major-advisor

.....

Mr. Ekarin Sangthammarat, M.Eng.
Co-advisor

.....

Assoc. Prof. Rassmidara Hoonsawat, Ph.D.
Dean
Faculty of Graduate Studies

.....

Asst. Prof. Piya Rattanasuwan, M.Eng.
Chair
Master of Science Programme in Technology of Information System Management
Faculty of Engineering

Copyright by Mahidol University

DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS AND LIGHTING SYSTEMS IN BUILDING

was submitted to the Faculty of Graduate Studies, Mahidol University
For the degree of Master of Science
(Technology of Information System Management)
on
May 21, 2004

.....
Mr. Tanade Chaisit
Candidate

.....
Asst. Prof. Bunyonvut Chullabodhi, M.Eng.
Chair

.....
Mr. Anusak Mitrabhuckdi, M.Eng.
Thesis Defence Committee

.....
Mr. Ekarin Sangthammarat, M.Eng.
Thesis Defence Committee

.....
Assoc. Prof. Rassmidara Hoonsawat, Ph.D.
Dean
Faculty of Graduate Studies
Mahidol University

.....
Asst. Prof. Piya Rattanasuwan, M.Eng.
Dean
Faculty of Engineering
Mahidol University

Copyright by Mahidol University

ACKNOWLEDGEMENT

The success of this thesis can be attributed to the support and assistance from my major advisor, Asst. Prof. Bunyonvut Chullabodhi and my co-advisor, Mr. Ekarin Sangthammarat. I deeply thank them for their valuable advice and guidance in this research.

I would like to express my sincere gratitude and deep appreciation to Mr. Anusak Mitrabhuckdi, who was the external examiner of the thesis defense, for his valuable advice, suggestion and encouragement. I'd never made it through without his helps.

I would like to thank staffs working at Department of Energy Development and Promotion. for the valuable information about the energy audit and giving me lots of helpful documents.

I am grateful to all the staff members at the Faculty of Engineering, Mahidol University for their generous assistance and encouragement. Even when they are very busy.

Finally, I am grateful to my family for their financial support, entirely care, and love. The usefulness of this thesis, I dedicate to my father, my mother and all the teachers who have taught me since my childhood.

Tanade Chaisit

Copyright by Mahidol University

DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ENERGY CONSUMTION ANALYSIS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS AND LIGHTING SYSTEMS IN BUILDING.

TANADE CHAISIT 4337179 EGTI/M

M.Sc.(TECHNOLOGY OF INFORMATION SYSTEM MANAGEMENT)

THESIS ADVISOR : BUNYONVUT CHULLABODHI, M.Eng.,
EKARIN SANGTHAMMARAT, M.Eng.

ABSTRACT

The objective of this research was to analyze, design and develop a computer program for energy consumption analysis of air conditioning and lighting systems in buildings with reference to the analytical procedure in the Energy Conservation Act., 1992. This program can enhance the working potential on energy consumption audits and analysis as well as prepare reports to be more effective, convenient, and accurate, even saving work time for officials.

The database was designed by using Microsoft Access 2000 as the Database Management System (DBMS). Visual Basic 6.0 was used to develop this program. The computer program for energy consumption analysis of air conditioning and lighting systems in the building was divided into 4 major processes: input data , show result, energy conservation and reporting processes.

In testing the program it was found that it was able to support all of the objectives and cover the proposed scope. The evaluation of the computer program for energy consumption analysis of air conditioning and lighting systems in buildings found that 14.00% of the users were satisfied at the highest level, 79.00% of the users were satisfied at a high level, 7.00% of the users were satisfied at a moderate level.

KEY WORDS : ENERGY CONSUMPTION ANALYSIS / ENERGY AUDIT /
APPLICATION PROGRAM / INFORMATION SYSTEM /

126 pp. ISBN 974-04-4863-1

Copyright by Mahidol University

การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร(DEVELOPMENT OF A COMPUTER PROGRAM FOR ENERGY CONSUMTION ANALYSIS OF AIR CONDITIONING SYSTEMS AND LGHTING SYSTEMS IN BUILDING)

ธเนศ ชัยสิทธิ์ 4337179 EGTI/M

วท.ม. (เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ)

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ : บรรยงวุฒิ จุลละโพธิ, M.Eng., เอกรินทร์ แสงธรรมรัตน์, M.Eng.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ วิเคราะห์, ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร โดยยึดหลักการวิเคราะห์ตามกฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีความมุ่งหวังว่าโปรแกรมจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ช่วยให้การตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานรวมทั้งการจัดทำรายงาน เป็นไปด้วยความสะดวกและถูกต้องแม่นยำมากขึ้น อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาในการทำงานของเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาโปรแกรมวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในอาคาร ใช้ Microsoft Access 2000 สำหรับการจัดการฐานข้อมูล, Visual Basic 6.0 เป็นเครื่องมือในการพัฒนาระบบ ระบบจะแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ส่วน คือ 1) ส่วนป้อนข้อมูล 2) ส่วนแสดงผลการคำนวณ 3) มาตรการอนุรักษ์พลังงาน 4) ส่วนรายงาน

จากการทดสอบระบบพบว่า ให้ผลตรงตามวัตถุประสงค์และครอบคลุมขอบเขตของการวิจัย การประเมินผลพบว่า ผู้ใช้ร้อยละ 14.00 มีความพึงพอใจในระดับสูงที่สุด ร้อยละ 79.00 มีความพึงพอใจในระดับสูง ร้อยละ 7.00 มีความพึงพอใจในระดับปานกลาง

126หน้า ISBN 974-04-4863-1

Copyright by Mahidol University

CONTENTS

		Page
ACKNOWLEDGEMENT		iii
ABSTRACT		iv
LIST OF TABLES		viii
LIST OF FIGURES		x
CHAPTER I	INTRODUCTION	
	1.1 Background and Statement of Problem	1
	1.2 Objectives	2
	1.3 Scope of Work	2
	1.4 Expected Result	2
CHAPTER II	LITERATURE REVIEW	
	2.1 Database	3
	2.2 Visual Basic	7
	2.3 ActiveX Data Object	7
	2.4 Air Conditioning System	10
	2.5 Lighting System	24
	2.6 Previous Studies and Related Works	26
CHAPTER III	METHODOLOGY	
	3.1 Step of Studying	27
	3.2 Tools of Studying	30

Copyright by Mahidol University

CONTENTS (CONT.)

		Page
CHAPTER IV	**RESULT**	
	4.1 System Investigation	**31**
	4.2 Data Flow Diagram	**34**
	4.3 Entity Relationship Diagram	**45**
	4.4 Data Dictionary	**47**
	4.5 Structural Chart	**66**
	4.6 Evaluation	**71**
CHAPTER V	**DISCUSSION**	
	5.1 Discussion	**74**
CHAPTER VI	**CONCLUSION AND RECCOMENDATION**	
	6.1 Conclusion	**76**
	6.2 Recommendation	**77**
REFERENCES		**78**
APPENDIX	**User Manual**	**80**
	The Example of Questionnaire	**125**
BIOGRAPHY		**126**

Copyright by Mahidol University

LIST OF TABLES

	Page
Table 2.1 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Air Cooled Chiller	13
Table 2.2 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Water Cooled Chiller	14
Table 2.3 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Window/Split Type and Package Unit Air-Conditioner	18
Table 2.4 Standard Value of Water Cooled Air-Conditioner	23
Table 2.5 Standard Value of Air Cooled Air-Conditioner	24
Table 2.6 Standard Value of Electric lighting	25
Table 4.1 Data Dictionary for BuildingAddress Table	47
Table 4.2 Data Dictionary for StandardAirSplit Table	47
Table 4.3 Data Dictionary for StandardW Table	48
Table 4.4 Data Dictionary for BuildingCul Table	48
Table 4.5 Data Dictionary for NormalMeter Table	48
Table 4.6 Data Dictionary for TOUMeter Table	49
Table 4.7 Data Dictionary for TODMeter Table	49
Table 4.8 Data Dictionary for Room Table	50
Table 4.9 Data Dictionary for StandardLux Table	50
Table 4.10 Data Dictionary for Light Table	51
Table 4.11 Data Dictionary for LampType Table	52
Table 4.12 Data Dictionary for LanternType Table	52
Table 4.13 Data Dictionary for CoverLanternType Table	52
Table 4.14 Data Dictionary for Ballast Table	52
Table 4.15 Data Dictionary for AirSplit Table	53
Table 4.16 Data Dictionary for SplitCatalog Table	54
Table 4.17 Data Dictionary for BrandSplit Table	54

Copyright by Mahidol University

LIST OF TABLES (CONT.)

Table 4.18 Data Dictionary for Other Table 55
Table 4.19 Data Dictionary for OtherType Table 55
Table 4.20 Data Dictionary for Package Table 56
Table 4.21 Data Dictionary for StandardPackage Table 57
Table 4.22 Data Dictionary for Chiller Table 58
Table 4.23 Data Dictionary for StandardChiller Table 59
Table 4.24 Data Dictionary for AHU Table 59
Table 4.25 Data Dictionary for Pump Table 60
Table 4.26 Data Dictionary for Cooling Tower Table 61
Table 4.27 Data Dictionary for ChangeToCompact Table 62
Table 4.28 Data Dictionary for Compact Table 62
Table 4.29 Data Dictionary for ChangeToElecttronicBallast Table 63
Table 4.30 Data Dictionary for ElecttronicBallast Table 63
Table 4.31 Data Dictionary for ChangeToHighEER Table 64
Table 4.32 Data Dictionary for HighEER Table 64
Table 4.33 Data Dictionary for ChangeThermo Table 65
Table 4.34 Data Dictionary for ElectronicThermo Table 65
Table 4.35 Data Dictionary for Invest Table 66
Table 4.36 The Decoding Criteria Value of Evaluation 71
Table 4.37 The Results of The Evaluation 71

Copyright by Mahidol University

LIST OF FIGURES

	Page
Figure 2.1 The OLE DB Model	8
Figure 2.2 ADO Object Model	10
Figure 4.1 Context Diagram of Energy Analysis System	34
Figure 4.2 Data Flow Diagram Level 1 of Energy Analysis System	35
Figure 4.3 Data Flow Diagram Level 2 for Meter Analysis Process	36
Figure 4.4 Data Flow Diagram Level 2 for Lighting Analysis Process	37
Figure 4.5 Data Flow Diagram Level 2 for Air-Conditioning Analysis Process	37
Figure 4.6 Data Flow Diagram Level 2 for Change Lighting Process	38
Figure 4.7 Data Flow Diagram Level 2 for Change Split Process	38
Figure 4.8 Data Flow Diagram Level 3 for Lux Analysis Process	39
Figure 4.9 Data Flow Diagram Level 3 for Energy Consumption Analysis Process	40
Figure 4.10 Data Flow Diagram Level 3 for Split Type Analysis Process	40
Figure 4.11 Data Flow Diagram Level 3 for Package Analysis Process	41
Figure 4.12 Data Flow Diagram Level 3 for Chiller Analysis Process	41
Figure 4.13 Data Flow Diagram Level 3 for AHU Analysis Process	42
Figure 4.14 Data Flow Diagram Level 3 for Pump Analysis Process	42
Figure 4.15 Data Flow Diagram Level 3 for Cooling Tower Analysis Process	43
Figure 4.16 Data Flow Diagram Level 3 for Change Compact Process	43
Figure 4.17 Data Flow Diagram Level 3 for Change Ballast Process	44
Figure 4.18 Data Flow Diagram Level 3 for Change Air Conditioner Process	44
Figure 4.19 Data Flow Diagram Level 3 for Change Thermostat Process	45
Figure 4.20 Entity Relationship Diagram of Energy Analysis System	46

Copyright by Mahidol University

LIST OF FIGURES (CONT.)

	Page
Figure 4.21 The Structure Chart of Energy Analysis System	66
Figure 4.22 The Structure Chart of Energy Analysis System : Input Data	67
Figure 4.23 The Structure Chart of Energy Analysis System : Show Result	68
Figure 4.24 The Structure Chart of Energy Analysis System : Conservation	69
Figure 4.25 The Structure Chart of Energy Analysis System : Report	70
Figure 4.26 The Radar Chart of Tester Satisfaction	73

Copyright by Mahidol University

CHAPTER I
INTRODUCTION

1.1 Background and Statement of Problem

According to the Energy Conservation Promotion Act B.E.2535 prescribed that the owner of the designated building shall conserve energy, audit and analyze energy consumption in his building in accordance with the standard, criteria and procedures as prescribed in the Ministerial Regulation including set up the objective as well as conservation plan in the controlling building and propose to the Department of Energy Development and Promotion in accordance with the standard, length of time as prescribed in the Ministerial Regulations. By audit and analyze energy consumption primarily, thoroughly in order to be factors of set up the objective and conserve energy plan which conducts by energy conservation consultant that already registered under Department of Energy Development and Promotion.

Up to now, energy audit in the building still use paper to record a result of testing and they will be calculated, summarized into report and finally propose to Department of Energy Development and Promotion. Each energy audit, many data are recorded which perhaps have the mistakes during data recording, error on value as well as complicated methodology. These make the energy consumption analysis in the building, report development did not facilitate the energy audit work through smoothly.

In this study, the system development on energy consumption audit and analysis was initiated including do a report by using soft ware on air conditioning systems and lighting systems. These systems have enough electrical energy in the building in order to enhance a working potential on energy consumption audit and analysis as well as prepare the report to be more effective, convenience, accuracy even saving the working time for officials.

Copyright by Mahidol University

1.2 Objectives

- To study a system of data recording and energy analysis in air conditioning systems and lighting systems in the building.
- To design and develop application program in order to analyze energy consumption in air conditioning systems and lighting systems in the building.

1.3 Scope of Work

- The ways of energy analysis including report the result of energy audit in accordance with standard, criteria and procedure as prescribed in the Ministerial Regulations.
- Type of air conditioning systems which can be used by the program
  - Central Unit
  - Package Unit
  - Window Type
  - Split Type
- Type of lamps in lighting systems which can be used by the program
  - Incandescent Lamp
  - Discharge Lamp

1.4 Expected Result

- The analysis program on energy consumption in air conditioning systems and lighting systems in the building.
- The time-saving system that facilitate officials on energy audit and do report.

Copyright by Mahidol University

CHAPTER II
LITERATURE REVIEW

2.1 Database

2.1.1 Concept of Database

A database is an integrated collection of data stored in different types of records, and in a way that makes them accessible for multiple applications. The interrelation of the records derives from the relationships in the data, not from their physical storage location. Records for different entities are typically stored in a database (whereas files store records for a single entity). In a university database, for example, records for students, courses, and faculty are interrelated in the same database. The structure of the relationship in most database follows one of three logical database models: Hierarchical, network, and relational. Hierarchical and network models are still being used today, but relational models are the most popular. A brief outline of database models follow:

2.1.1.1 Hierarchical or Tree Model:

A Hierarchical model is organized in top-down or inverted tree-like structure. An organization chart, for example, shows the layers of executives, middle managers, and operational personnel. The hierarchical model is shown with the highest level of tree known as the root. The nodes of the tree represent entities. A hierarchical model permits two type of relationship:

- One-to-one: An entity at one level is related to one entity at the next level.
- One-to-many: An entity at one level is related to zero, one, or more entities at the next level

The design of a hierarchical database will affect the accessibilityof the data. In the store example, Items are always related to an order. In addition, orders are always related to a specific customer.

It is very efficient to have the orders for certain customer or the items in a particular order. Anomalous (undesirable) side effects occur under certain

Copyright by Mahidol University

database designs. Hierarchical database involve anomalous with respect to the following:

- Insert of records: A dependent record cannot be added to the database without a parent. For example, Items cannot be added without their inclusion in an order.
- Deletion of records: Deleting a parent from the database also deletes all its descendant. For example, deleting a customer also deletes outstanding orders.

2.1.1.2 Network Model:

A network model is similar to the hierarchical model, except that an entity can have more than one parent. In the college example, a relationship can be shown between instructors and students. This capability introduces the use of an additional type of relationship in the data:

- Many-to-many: An entity can be related to zero, one, or more than one entity at another level

In network database, as in hierarchical database, the relations between entities must be established at the time the data model is established and the database created. The system analyst must conform to these details when developing applications that enter or retrieve data during processing.

The hierarchical and network database are conceptually simple and appear uncomplicated when first examined. In a large database environment, however, they can rapidly evolve into a complicated web of interrelationships that are difficult to manage as the database evolves with use.

2.1.1.3 Relational Model:

The relational data model, developed in 1970 by E.F. Codd, is based on a relation, a two-dimensional table. Row in the table represent the records; and columns show the attributes of the entity Relational databases use on a model to show how data are logical related.

The order of the data in the table is not significant and no order is implied when records are included in the relation. Similarly, the physical details of storage are not of concern to the analyst. Relational tables show logical, not physical, relationships.

When a request for information is made, the system produces a table containing the information. In the laundry example, if a manager wishes to determine

Copyright by Mahidol University

who use napkins, the system will produce a table containing the name of all users of napkins.

The relational database model is by far the most widely used. It is easier to control, more flexible, and more intuitive than the others because it organizes data in table. The ability to link relational tables also allows user to relate data in new ways without having to redefine complex relationships. Because of its many advantages, many companies use the relational model for large corporate databases, such as marketing and accounting. The relational model can be used with personal computers and mainframe systems.

2.1.2 Normalization

Normalization is a process of simplifying the relationship between data elements in a record. Through Normalization a collection of data in a record structure is replaced by successive record structures that are simpler and more predictable and therefor more manageable. Normalization is carried out for four reasons:

- To structure the data so that any pertinent relationship between entities can be represented
- To permit simple retrieval of data in response to query and report requests
- To simplify the maintenance of the data through updates, insertions, and deletions
- To reduce the need to restructure or reorganize data when new application requirements arise

2.1.2.1 The Steps in Normalization

First Normal Form (1NF): A relation is in 1NF if the values in the relation are atomic for every attribute in the relation. By this we mean, simply, that no attribute value can be set of values or, as it is sometimes expressed, a “repeating group”

Second Normal Form (2NF): A relation is in 2NF if no nonkey attribute is in functionally dependent on just a part of the key. The process of decomposing the non-2NF relation into 2NF relations follows a few simple steps: (1) Create a new relation by using the attributes from the offending FD as the attributes in the new relation. (2) The attribute on the right side of the FD is the eliminated form

Copyright by Mahidol University

the original relation. (3) If more than one FD prevents the relation from 2NF, repeat steps 1 and 2 for each FD.

Third Normal Form (3NF): A relation is in 3NF if for every functional dependency (FD): X -> Y, X is a key. The 3NF is often called Boydd Codd Normal Form (BCNF).

Fourth Normal Form (4NF): A relation is in 4NF if it is 3NF and has no multivalued dependencies (MVD). Since the problem of multivalued independencies arise form multivalued attributes, we can reach a solution by placing all multivalued attributes in relations by themselves, together with the key to which the attribute values apply.

Fifth Normal Form (5NF): Functional dependency and multivalued dependency constraint result in the need for Second, Third, and Fourth Normal Form. The 5NF eliminates anomalies that results from a special type of constraint called join dependencies.

2.1.3 Relational Model Terms

Key	A minimal set of attributes that uniquely identifies each row in a relation.
Primary Key	A single column or the combination of multiples columns that uniquely identifies the row in the table.
Foreign Key	A single column or multiple columns that relate to the primary key in another table.
Table (relation)	It is used to stored data. It is organized in a row (tuple) and / column (attribute) manner that data can be manipulated by DBMS.
Constraint	A rule that restricts the values in a database.
Atomic value	Atomic values
Functional Dependency (FD)	The value of an attribute in a tuple determines the value of another attribute in the tuple.
Determinant	The attribute(s) on the left side of a functional dependency; determine(s) the value of other attributes in the tuple.

Copyright by Mahidol University

Multivalued Dependencies (MVD)	A constraint that guarantees the independence of multi valued attributes.

2.1.4 The Database Management System (DBMS)

The database management system is a program for binding the file structures that store data and the data structure that represent the data needs of users. DBMS consist of group of programs that can be used as an interface between a database and the user or the database and application programs. Typically, this software acts as a buffer between the application programs and the database itself.

2.2 Visual Basic

Visual Basic is a complete set of tools to simplify rapid application development. The “Visual” part refers to the method used to create the graphical user interface (GUI). Rather than writing numerous lines of code to describe the appearance and location of interface elements. The “Basic” part refers to the BASIC (Beginner All-Purpose Symbolic Instruction Code) language, a language used by more programmers than any other language in the history of computing. Visual Basic has evolved from original BASIC language and now contains several hundred statements, functions, and keywords, many of which relate directly to the Windows GUI.

2.3 ADO (ActiveX Data Object)

ADO is one of data access interfaces in Visual Basic. The ADO object model defines a collection of programmable objects that support the Component Object Model (COM) and OLE Automation to leverage the powerful partner technology called OLE DB. The OLE DB is COM-based interface between data provider and client applications. Data provider can be anything from relation databases to file system. Microsoft knew it needed to create an easy-to-use object layer on top of OLE DB, The OLE DB Model shown in Figure 2-1. Thus ActiveX Data Objects were born. The ADO object model - when compared to other data access objects such as RDO or

Copyright by Mahidol University

ADO - is flatter (has fewer objects) and simpler to use. The ADO object model is shown in Figure 2-2.

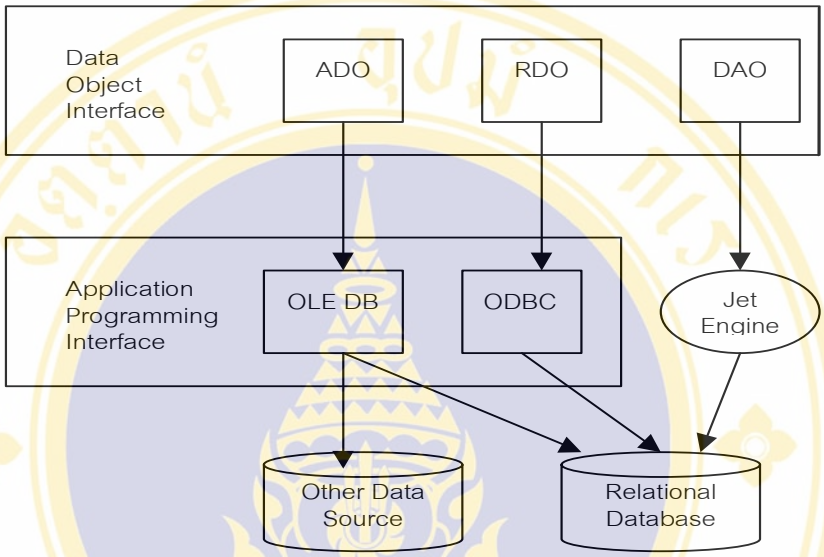


Figure 2.1 The OLE DB Model

There are seven objects in the ADO object model, as described in the following lists.

Command Object Maintains information about the command, such as query string, parameter definitions, and so on. We can execute a command string on a Connection object of a query string as part of opening a Recordset object, without defining a Command object. The Command object is useful to define query parameters or execute a stored procedure that returns output parameters. The Command object supports a number of properties to describe the type and purpose of the query and help ADO optimize the operation.

Connection Object Maintains connection information such as cursor type, connection string, query time-out, connection time-out, and default database.

Error Object Contains extended error information about error conditions raised by the data provider. Because a single statement can generate two or more errors, the Error collections can contain more than one Error object at a time.

Copyright by Mahidol University

Field Object Contains information about a single column of data within a recordset. The Recordset object uses the Fields collection to contain all of its Field objects. This Field information includes data type, precision, and numeric scale.

Parameter Object A single parameter associated with a Command. The Command object uses the Parameters collection to contain all of its Parameter objects. ADO Parameter objects can be created automatically by sending queries to the database. However, we can also build this collection programmatically to improve performance at run time.

Property Object A provider-defined characteristic of an ADO object. ADO objects have two types of properties: built-in and dynamic. Built-in properties are those properties implemented in ADO and available to any new ADO objects. Dynamic properties are defined by the underlying data provider and appear in the Properties collection for the appropriate ADO object. For example, a property may indicate if a Recordset object supports transactions or updating. This is one of the greatest features of ADO, in that it lets the ADO service provider present special interfaces.

Recordset Object A set of rows returned from a query, including a cursor into those rows. We can open a Recordset object (that is, execute a query) without explicitly opening a Connection object. However, if we do first create a Connection object, We can open multiple Recordset objects on the same connection. Objects in ADO shown in Figure 2-2

Copyright by Mahidol University

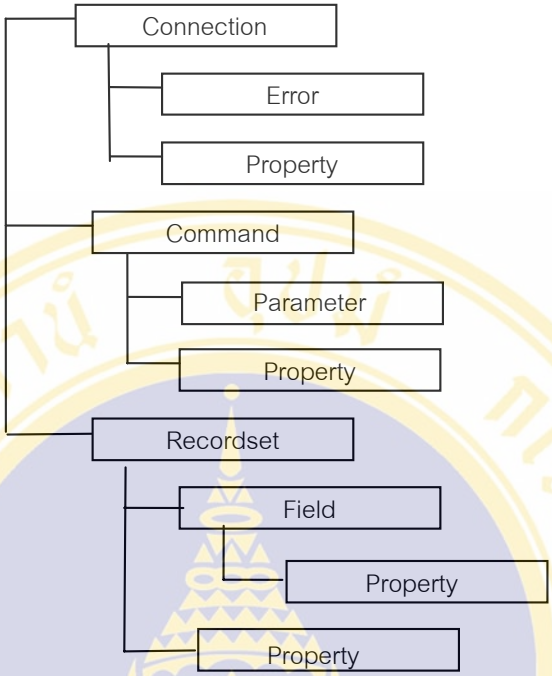


Figure 2.2 ADO Object Model

2.4 Air Conditioning System

Air conditioning system is control temperature, humidity, air volumetric flow and quality of the air in the building. The appropriate temperature is 24-26C°, appropriate relative humidity is 50%-60% RH, the appropriate air volumetric flow range is 300-450 cfm/ton and it should have fresh air in the building too.

In the general of the building use large amount of air conditioning system. So we can assume that air conditioning system is the most of energy consumption in the building. It is about 50%-70% of energy consumption in the building.

2.4.1 Type of Air Conditioner

1. Window Type : This type contain 4 main equipments of air conditioning (condenser, evaporator, expansion valve and compressor) in itself. evaporator side tuned into the room. condenser side tuned out the room. It has small size until 2 ton.

Copyright by Mahidol University

2. Split Type : This type separates condenser and compressor out side the building. But evaporator and expansion valve are installed in the building. It has size 1-40 tons.

3. Package Type : This type contains all equipments in one. The difference from other type is condenser always use water cooled system or use air cooled system in some time. And usually supply cool air pass through air duct. It has size 10-40 tons.

4. Water Chiller : It contain with compressor, condenser, thermal expansion valve and cooler. Beside, it has water pump that supply cool water from cooler to AHU that installed in building. They are classified in air cooler water chiller and water cooled water chiller. For water cooled chiller it has water pump that discharge water into condenser then sent to reducing heat at cooling tower. It has size from 100 tons up.

2.4.2 Method of Measure an Efficiency For Air Conditioner

The method finding an efficiency of air conditioner that measure in EER or Chp (kW/ton) up to requirement. It classifies into 2 methods.

2.4.2.1 Measure an Efficiency by Analysis Water System

Usually this method is used for only air conditioner that has heart exchange from refrigerant to water and deliver cool water to AHU. In ordinary, analyzing usually analyze from cooler side more than condenser side because cooler side is close system but condenser side is open system. There are calculating as follows :

1. Electric Power per Ton

Chp = kW/ton

kW	is	Electric power that chiller used
ton	is	Refrigeration capacity at full load
		ton = [F*(T_r- T_s)]/50.40
F	is	Water flow rate passed AHU
T_r	is	Return temperature of chiller water
T_s	is	Supply temperature of chiller water

Copyright by Mahidol University

Because capability and efficiency of chiller is depend on several factors as; temperature of condenser water, temperature of chiller water, load while testing. Then the testing result may be difference depend on variable factor. So in finding Chp value must test in principal as follows:

- While testing, chiller must work at full load or work nearly full load as it possible.
- Flow rate of chiller water must be 2.4 gpm/ton and condenser water must be 3.0 gpm/ton. The allowance is not over 10% except chiller designed to work at difference flow rate from this. Then use the flow rate that engineer who design air conditioning system define it in testing.
- If chiller water temperature and condenser water temperature different for standard value (standard value of chiller water temperature is 7.2 C° and standard value of condenser water temperature is 32.2 C°) it will use rectify factor of refrigeration capacity and electric power in the table as follows:

Copyright by Mahidol University

Table 2.1 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Air Cooled Chiller

Cooling Air Temperature C°	Supply Air Temperature C°	Rectify Factor		
		Refrigeration Capacity	Electric Power	Performance kW/ton
	5	1.03	0.88	0.85
	6	1.06	0.89	0.84
	7	1.09	0.91	0.83
25	7.2	1.10	0.92	0.83
	8	1.13	0.93	0.82
	9	1.17	0.95	0.81
	10	1.20	0.97	0.80
	5	0.98	0.92	0.94
	6	1.01	0.93	0.92
	7	1.04	0.95	0.91
30	7.2	1.05	0.96	0.91
	8	1.08	0.97	0.90
	9	1.11	0.99	0.89
	10	1.15	1.01	0.88
	5	0.93	0.96	1.03
	6	0.96	0.98	1.01
	7	0.99	1.00	1.00
35	7.2	1.00	1.00	1.00
	8	1.03	1.02	0.99
	9	1.06	1.04	0.98
	10	1.09	1.06	0.97
	5	0.88	0.99	1.12
	6	0.91	1.01	1.11
	7	0.94	1.04	1.10
40	7.2	0.95	1.04	1.10
	8	0.97	1.06	1.08
	9	1.01	1.50	1.48
	10	1.04	1.10	1.06
	5	0.83	1.03	1.23
	6	0.86	1.05	1.22
	7	0.89	1.07	1.20
45	7.2	0.90	1.07	1.19
	8	0.92	1.05	1.14
	9	0.95	1.08	1.13
	10	0.99	1.14	1.16

Copyright by Mahidol University

Table 2.2 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Water Cooled Chiller

Condenser Water Temperature C°	Supply Water Temperature C°	Rectify Factor		
		Refrigeration Capacity	Electric Power	Performance kW/ton
	5	1.02	0.88	0.86
	6	1.05	0.88	0.84
	7	1.08	0.89	0.83
25	7.2	1.08	0.89	0.83
	8	1.11	0.90	0.82
	9	1.13	0.91	0.81
	10	1.15	0.92	0.80
	5	0.72	0.95	1.31
	6	0.99	0.96	0.96
	7	1.02	0.97	0.95
30	7.2	1.03	0.97	0.94
	8	1.05	0.98	0.93
	9	1.08	0.99	0.92
	10	1.11	1.00	0.90
	5	0.80	0.98	1.22
	6	0.97	0.99	1.02
	7	1.00	1.00	1.00
32.2	7.2	1.00	1.00	1.00
	8	1.02	1.01	0.98
	9	1.05	1.02	0.97
	10	1.08	1.03	0.95
	5	0.90	1.01	1.13
	6	0.94	1.03	1.09
	7	0.97	1.04	1.07
35	7.2	0.97	1.04	1.07
	8	0.99	1.05	1.06
	9	1.02	1.06	1.04
	10	1.05	1.07	1.02

Copyright by Mahidol University

Table 2.2 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Water Cooled Chiller (Continued)

Condenser Water Temperature C°	Supply Water Temperature C°	Rectify Factor		
		Refrigeration Capacity	Electric Power	Performance kW/ton
	5	0.86	0.96	1.11
	6	0.89	1.09	1.23
	7	0.91	1.08	1.19
40	7.2	0.91	1.09	1.19
	8	0.93	1.12	1.20
	9	0.96	1.13	1.18
	10	0.99	1.14	1.15
	5	0.81	1.14	1.41
	6	0.83	1.16	1.39
	7	0.86	1.17	1.37
45	7.2	0.86	1.17	1.36
	8	0.88	1.19	1.35
	9	0.91	1.20	1.32
	10	0.93	1.22	1.30

2.4.2.2 Measure an Efficiency by Analysis Air System

This method usually use for air cooled air conditioner. It uses temperature data, relative humidity data from supply and return of air conditioner include volume of air flow too. The value that use in measuring an efficiency in Chp and EER. There are sequence of calculating as follow:

1. Calculating Enthalpy of Supply and Return (h_s, h_r)

Data that used in calculating enthalpy are temperature data and relative humidity. There are 2 methods for calculating enthalpy.

- From Psychometric Chart
- Calculating from ASHRE method for liquid that have temperature between 0-200 C°

Copyright by Mahidol University

$$\mathbf{In(P_{vs}) = C_1/T_{wb} + C_2 + C_3\,T_{wb} + C_4T^2_{wb} + C_5T^3_{wb} + C6InT_{wb}}$$

P_{vs} is Saturation Pressure (kPa)

T_{wb} is Wet-Bulb Temperature (K°)

C_1 = -5800.2206

C_2 = 1.3914993

C_3 = -0.04860239

C_4 = $4.1764768 * 10^{-5}$

C_5 = $-1.4452093 * 10^{-8}$

C_6 = 6.5459673

$$W = \left\{ \frac{(2501 - 2.316T_{WB})0.622P_{VS}/(P - P_{VS}) - (T_{DB} - T_{WB})}{(2501 + 1087T_{DB} - 4.186T_{WB})} \right\}$$

W is Humidity Ration (%)

P is Standard Atmospheric Pressure (kPa

P_{vs} is Saturation Pressure (kPa)

T_{db} is Dry-Bulb Temperature (K°)

T_{wb} is Wet-Bulb Temperature (K°)

$$\mathbf{\Delta h = (T_{db2} - T_{db1}) + 2501(W_2 - W_1) - 4.186\,T_{db2}(W_2 - W_1) + 1.87(T_{db2}W_2 - T_{db1}\,W_1)}$$

Δh is Differential Enthalpy (kJ/kg)

T_{db1} is Supply Dry-Bulb Temperature (K°)

T_{db2} is Return Wet-Bulb Temperature (K°)

W_1 is Supply Humidity Ration (%)

W_2 is Return Humidity Ration (%)

Copyright by Mahidol University

2. Electric Power per Ton

Chp = kW/ton

kW is Electric power that air conditioner used

ton is Refrigeration capacity at full load

ton = 5.707 * 10^{-3} * CMM *(Δh)

CMM is Supply Air Flow Rate (m^3/min)

H_s is Enthalpy of supply air (kJ/kg)

H_r is Enthalpy of return air (kJ/kg)

Because capability and efficiency of air conditioner depend on several factors as; Cooling air temperature, Return air temperature, load while testing. Then the testing result may be difference depend on variable factor. So in finding Chp value must test in principal as follows:

- While testing, air conditioner must work at full load or work nearly full load as it possible.
- If AHU or FCU able to adjust flow rate, adjust it in maximum. And check flow rate per ton (cfm/ton) for using in recheck correctly measurement. That cfm/ton should be in 300-450 cfm/ton.
- If cooling air temperature and return air temperature different for standard value (standard value of Cooling air temperature is 35 C° and standard value of Return air temperature is 19.4 C°) it will use rectify factor of refrigeration capacity and electric power in the table as follows:

Copyright by Mahidol University

Table 2.3 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Window/Split Type and Package Unit Air-Conditioner

Cooling Air Temperature C°	Return WetBulb Temperature C°	Rectify Factor	
		Refrigeration Capacity	Electric Power
25	16	0.96	0.83
	18	1.03	0.85
	19	1.07	0.86
	19.4	1.08	0.87
	20	1.10	0.88
	22	1.18	0.90
30	16	0.92	0.89
	18	0.99	0.91
	19	1.02	0.93
	19.4	1.04	0.93
	20	1.06	0.94
	22	1.14	0.97
35	16	0.89	0.95
	18	0.95	0.98
	19	0.98	0.99
	19.4	1.00	1.00
	20	1.02	1.01
	22	1.09	1.04
40	16	0.85	1.01
	18	0.91	1.04
	19	0.94	1.06
	19.4	0.95	1.07
	20	0.97	1.08
	22	1.04	1.11
45	16	0.81	1.08
	18	0.86	1.11
	19	0.89	1.13
	19.4	0.91	1.14
	20	0.92	1.15
	22	0.98	1.18

Copyright by Mahidol University

Table 2.3 Rectify Factor of Refrigeration Capacity and Electric Power Consumed for Window/Split Type and Package Unit Air-Conditioner (Continued)

Cooling Air Temperature C°	Return WetBulb Temperature C°	Rectify Factor	
		Refrigeration Capacity	Electric Power
50	16	0.76	1.15
	18	0.81	1.18
	19	0.84	1.20
	19.4	0.86	1.21
	20	0.87	1.22
	22	0.93	1.26

2.4.3 Criteria of Energy Survey for Air Conditioning System

2.4.3.1 Central Unit

- ***Chiller***

1. Room Name, Floor Number, Building Name
2. Serial Number
3. Working hours in a year
4. Type of compressor 1)reciprocation 2)centrifugal 3)screw
5. Type of cooling 1)water-cooled 2)air-cooled
6. Year in used
7. Maintenance Schedule
8. Brand
9. Model
10. Cooling Capacity
11. Ambient Temperature, Ambient Relative Humidity
12. Chilled Water Flow Rate, Chilled Water Temperature (in/out)
13. Condenser Temperature (in/out), Condenser Water Flow Rate
14. Cooling Air Temperature (for air-cooled)
15. V, I, P.F.

Copyright by Mahidol University

Calculation shall be show as follows:

1. Refrigeration Capacity (actual)
2. Chiller Performance
3. Energy Consumed/Year

- ***Pump***

1. Room Name, Floor Number, Building Name
2. Serial Number
3. Application of pump 1)primary pump 2)secondary pump 3)condenser pump
4. Working hours in a year
5. Year in used
6. Maintenance Schedule
7. Brand
8. Model
9. Rated Capacity
10. Water Flow Rate
11. Suction Pressure
12. Discharge Pressure
13. Shut-Off Pressure
14. V, I, P.F.

Calculation shall be show as follows:

1. Pump Efficiency
2. Energy Consumed/Year

- ***Cooling Tower***

1. Room Name, Floor Number, Building Name
2. Serial Number
3. Working hours in a year
4. Year in used
5. Maintenance Schedule
6. Brand
7. Model
8. Type of fan 1)propeller 2)centrifugal
9. Rated Capacity

Copyright by Mahidol University

10. Water Flow Rate
11. Water Temperature (in/out)
12. Wet-Bulb Temperature (in/out)
13. Dry-Bulb Temperature (in/out)
14. V, I, P.F.

Calculation shall be show as follows:

1. Energy Consumed/Year

- ***AHU***

1. Room name, floor number, building name
2. Serial number
3. Working hours in a year
4. Installation 1)Floor mounted 2)Ceiling mounted 3)Horizontal mounted 4)Cassette 5)Plan room mounted
5. Year in used
6. Maintenance schedule
7. Brand
8. Model
9. Cooling capacity
10. V, I, P.F.
11. Type of Thermostat 1)Bi-metal 2)Electronic

Calculation shall be show as follows:

1. Energy Consumed/Year

2.4.3.2 Package Unit

1. Room Name, Floor Number, Building Name
2. Serial Number
3. Working hours in year
4. Year in used
5. Maintenance Schedule
6. Brand
7. Model
8. Cooling Capacity

Copyright by Mahidol University

9. Ambient Temperature, Ambient Relative Humidity
10. Grill Area
11. Supply Air Velocity
12. Return Air Temperature, Return Air Relative Humidity
13. Supply Air Temperature, Supply Air Relative Humidity
14. Condenser Water Temperature, Condenser Water Flow Rate
15. V, I, P.F.
16. Time of compressor operate cycle (do not less then 3 cycle)
17. Type of thermostat 1)bi-metal 2)electronic

Calculation shall be show as follows:

1. Supply Air Flow Rate
2. Enthalpy of supply air
3. Enthalpy of return air
4. Refrigeration Capacity
5. Performance of air-conditioning
6. Energy Consumed/Year

2.4.3.3 Window Type/Split Type

1. Room Name, Floor Number, Building Name
2. Serial Number
3. Working hours in a year
4. Type of air conditioning 1)window type 2)split type
5. Installation 1)window mounted 2)ceiling mounted 3)horizontal mounted 4)cassette
6. Year in used
7. Maintenance Schedule
8. Brand
9. Model
10. Cooling Capacity
11. Ambient Temperature, Ambient Relative Humidity
12. Grill Area
13. Supply Air Velocity

Copyright by Mahidol University

14. Return Air Temperature, Return Air Relative Humidity
15. Supply Air Temperature, Supply Air Relative Humidity
16. Cooling Air Temperature (in/out)
17. V, I, P.F.
18. Time of compressor operate cycle (do not less then 3 cycle)
19. Type of thermostat 1)bi-metal 2)electronic

Calculation shall be show as follows:

1. Supply Air Flow Rate
2. Enthalpy of supply air
3. Enthalpy of return air
4. Refrigeration Capacity
5. Performance of air conditioning
6. Energy Consumed/Year

2.4.4 Air Conditioning Standard within Building

Air conditioning system installed in the building shall consume power demand per ton refrigeration, at full load or actual load, not exceeding the values in the following table:

Table 2.4 Standard Value of Water Cooled Air Conditioner

Type of Cooling Component/Cooling Unit	New Building (kW/Tr)	Existing Building (kW/Tr)
a. Centrifugal Chiller		
Max.Capacity of 250 Tr	0.75	0.90
More than 250 upto 500 Tr	0.70	0.84
More than 500 Tr	0.67	0.80
b. Reciprocating Chiller		
Max. Capacity 35 Tr	0.98	1.18
More than 35 Tr	0.91	1.10
c. Package Unit	0.88	1.06
d. Screw Chiller	0.70	0.84

Copyright by Mahidol University

Table 2.5 Standard Value of Air Cooled Air Conditioner

Type of Cooling Component/Cooling Unit	New Building (kW/Tr)	Existing Building (kW/Tr)
a. Centrifugal Chiller		
Max.Capacity 250 Tr	1.40	1.61
More than 250 Tr	1.20	1.38
b. Reciprocating Chiller		
Max. Capacity 50 Tr	1.30	1.50
More than 50 Tr	1.25	1.44
c. Package Unit	1.37	1.58
d. Window/Split Type	1.40	1.61

2.5 Lighting System

Index that pointed for using energy in any lighting system whether better or not in energy consumption, measure in Watt per square meter (W/m^2) that can find in equation

$$W/m^2 = \frac{N * n(W * Bl)}{area}$$

W is Watt of Tube
N is Number of Lamp
n is Tube per Lamp
Bl is Ballast Loss
area is Utilized Area

Copyright by Mahidol University

2.5.1 Criteria of Energy Survey for Lighting System

1. In case that building has working area in many type. Finding installed electric power per working area separate by type.
2. In case that building can not be classified in any type. Installed electric power per working area. To report value by not to compare with standard. For this data will be a data to making new standard.
3. Measuring illuminance
    - Measure high from floor 0.75 m or if in office will measure on working table dividing area in suitability.
    - In case that building can not be classified in any type, should measure high from floor 1 m by dividing area in suitability.
    - Measuring illuminance in case there are natural illuminance
        a) Measure natural illuminance include electric illuminance.
        b) Turn off electric illuminance then measure only natural illuminance.
        c) If you want only electric illuminance by (a) – (b)
    - In case shopping mall or building that install temporary lighting. Should divide in 2 cases.
        a) Finding W/m^2 by calculating from permanent lighting.
        b) Finding W/m^2 by calculating include temporary lighting too.

2.5.2 Electric Lighting Standard within Building

Consumption of the electric lighting equipment in the building, not including its parking are, shall not exceed the following values.

Table 2.6 Standard Value of Electric lighting

Category of Building	Max.Lighting load (W/m^2 of Utilized Area)
a)Offices, Hotels, Educational buildings, and Hospitals / Recovery Centers	16
b)Shops, Shopping Centers	23

Copyright by Mahidol University

2.6 Previous Studies and Related Works

Natthawud Dussadee, (1998) had developed the program for Energy Auditing in Buildings. The program is divided into 3 main sections. The first section is a loading input program which is to be used with OTTV and ASEAM3 Program. The second section is the main energy conservation opportunities Energy Analysis Program which considers both the saving in electrical and thermal energy. Electrical energy can by reduced by 6 methods, namely, using the energy-saving lamp, using low watt loss ballast, using high reflector, using high energy efficiency ratio air-condition, improving the value of transformer power factor, and reducing peak demand of electric power. The thermal energy saving is to improve the boiler combustion efficiency. The third section of program is to print the energy audition report.

Sarun Udakarn, (1997) had developed the program for the overall thermal transfer value (OTTV) and the roof thermal transfer value (RTTV) of buildings. In operation, the program started to characterize various type of walls and roofs and then the data were storage. Following with the OTTV and RTTV were calculated. Azimuth angle of facades of walls and roofs could also be precisely determined down to one degree. The program can be employed to improve the OTTV and RTTV in the standard range by adjusting factors including azimuth angle, equivalent temperature difference, thermal transmittance coefficient, shading coefficient, window to wall ratio and skylight to roof ratio

Copyright by Mahidol University

CHAPTER III
METHODOLOGY

3.1 Step of Studying

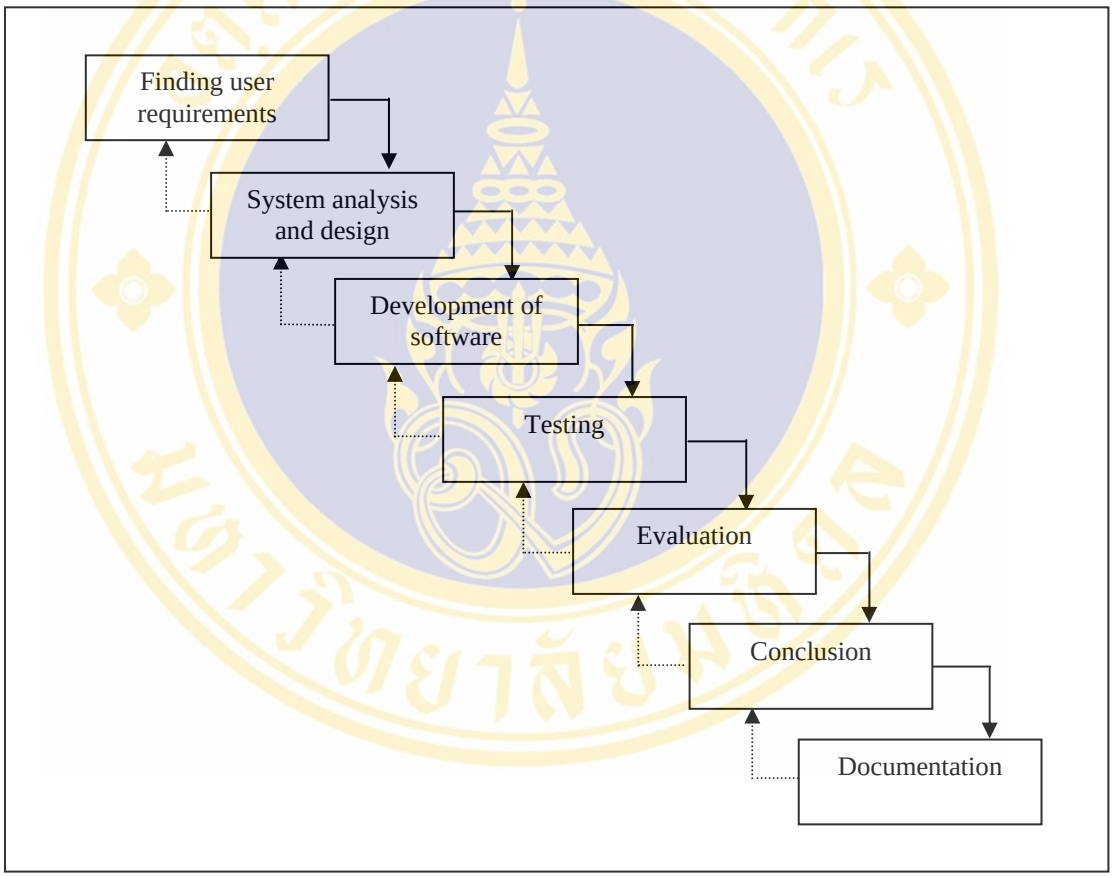


Figure 3.1 Software Development Life Cycle (SDLC)

Copyright by Mahidol University

3.1.1 Finding User Requirements

Request clarification and gathering data of the energy consumption analysis system. The initial requirement of users can be found by interviewing the specialist and staffs about system requirement, then screen the data to find out what they would like to have in the system. The collected data can be classified into two types as followed;

1. Primary data are collected from interviewing specialists and staffs and observe steps of work.
2. Secondary data are collected from existing system documents, reports, and affect laws as following:
    - Energy Conservation Promotion Act, B.E.2535
    - Ministerial Regulation, B.E.2538 (Issued under the Energy Conservation Promotion Act)
    - Report of energy consumption analysis in the designated building.
    - Other additional documents.

3.1.2 System Analysis and Design

After completion of data collection, the next phase is system analysis and design. Once the problem is understood, the solution must be determined.

- **System Analysis Phase**

In the system analysis phase, involved the identification of requirements and features of the new system. The aim of this phase is to analyze and define system to be built. Attributes, table and relationship of tables will be defined, then Data Flow Diagram, which comprises a structural technique to chart graphically the input, process and output of the system, will be created. The E-R diagram that used to represent the conceptual design of database system are also created to identified relationships of tables.

- **System Design Phase**

Database design bases on relational model of the data contained in tables. The structure of the database is determined during this step. Database design provides a data model that supports any transactions required on the data. Primary

Copyright by Mahidol University

keys are identified for each table and relationship between tables will be identified either. After the design, the database will be normalized.

User interface design requires understanding of human factor and interface technology. Input and output screens, which communicate with users, will be designed.

3.1.3 Development of Software

Develop the application under PC, Windows XP Operating system, Visual Basic 6.0 and MS Access 2000 database. This phase is complete when all code is written, compiles error-free, and meets any requirements and standards of the project.

3.1.4 System Testing

The testing and debugging should do on any individual modules. The testing process focuses on logical internal of the application, ensuring that all statements have been tested. All errors must be uncovered and fixed to make sure that defined input will produce actual results that agree with required results.

3.1.5 Evaluation

During this step, the software will be installed and the actual application will be tested by user who work at Registered Consultant about 20 user are required. Analyzing a questionnaire with user satisfaction will do evaluation process

3.1.6 Conclusion

After evaluation the system, conclusion and suggestion for the thesis will be described.

3.1.7 Documentation

Copyright by Mahidol University

3.2 Tools of Studying

Software:

- Operating System : Windows XP
- Developing Tool : Visual Basic 6.0
- Database : MS Access 2000

Copyright by Mahidol University

CHAPTER IV
RESULT

The result of the application software for energy consumption analysis of air conditioning systems and lighting systems in building, which uses the system development life cycle combined with the structured analysis method for development. The content of this chapter consists of results from system analysis and design (which is accomplished by using data flow diagram, data dictionary, entity-relational diagram, structure chart) and the evaluation of the application

4.1 System Investigation

From the interview of officials and concerned experts as well as document study, it can be seen that areas and procedure of energy analysis of air conditioning and lighting systems in buildings can be summarized into steps as following:

4.1.1 Data Collecting : survey, testing ,collect the values that are necessary to energy consumption analysis

- **Lighting Systems**
  - Lighting - Data of lighting systems survey
  - Illumination - Data of illumination value (LUX)
- **Air Conditioning Systems**
  - Split Type - Detailed survey data of Split Type
  - Package Type - Detailed survey data of Package Type
  - Central Units
    - Chiller - Detailed survey data of Chiller
    - AHU - Detailed survey data of AHU
    - Pump - Detailed survey data of Pump

Copyright by Mahidol University

CoolingTower - Detailed survey data of Cooling Tower

❖ **Other Electric Equipment** - Detailed survey data of other equipment

4.1.2 Data Analysis : Take the data from data collecting to calculate, analyze a result following the Ministerial Regulation

❖ **Lighting Systems**

- o Lighting - Calculate the yearly energy Consumption (kWh/Year)
  - Calculate a value of w/m^2 in each room
  - Compare a value of w/m^2
- o Illumination - Calculate a value of illumination(LUX) in each room
  - Compare a value of illumination(LUX)

❖ **Air Conditioning Systems**

- o Split Type - Calculate a value of air flow rate enthalpy of supply air, enthalpy of return air, performance, energy consume
  - Compare kW/Tr value with standards
- o Package Type - Calculate a value of air flow rate enthalpy of supply air, enthalpy of return air, performance, energy consume
  - Compare kW/Tr value with standards
- o Central Units

  Chiller - Calculate a value of chiller performance refrigeration capacity, energy consume
  - Compare kW/Tr value with standards

  AHU - Calculate a value of energy consume

Copyright by Mahidol University

Pump	- Calculate a value of pump efficiency
	- Calculate a value of energy consume
CoolingTower	- Calculate a value of energy consume
❖ **Other Electric Equipment**	- Calculate a value of energy consume

4.1.3 Energy Conservation : In case of a result of analysis is over standard in the Ministerial Regulation, they will suggest a suitable standard to adjust in order to energy consumption can achieve the standard. This research apply 4 standard as following:

- ❖ Change air conditioner to be high quality air conditioner (Number 5)
  - ▪ Change the air conditioner with has kW/Tr over standard
  - ▪ Calculate a result of investment, length of Simple Pay Back,Internal Rate Return (IRR)
- ❖ Change on Thermostat
  - ▪ Change the air conditioner with Bi-Metal Thermostat into Electronic Thermostat
  - ▪ Calculate a result of investment, length of Simple Pay Back,Internal Rate Return (IRR)
- ❖ Change on Lamps
  - ▪ Change incandescent lamp into compact fluorescent lamp
  - ▪ Calculate a result of investment, length of Simple Pay Back,Internal Rate Return (IRR)
- ❖ Change on Ballast
  - ▪ Change Standard Magnetic Ballast into Low Loss Ballast or Electronic Ballast
  - ▪ Calculate a result of investment, length of Simple Pay Back,Internal Rate Return (IRR)

4.1.4 Report Process : Apply data from survey and result of analysis into the report and propose to Department of Energy Development and Promotion

Copyright by Mahidol University

4.2 Data Flow Diagram

Data flow diagram is a graphical technique that depicts information flow and the transforms that are applied as data move from input to output. The data flow diagram may be used to represent a system or software at any level of abstraction. In fact, it may be partitioned into levels that represent increasing information flow and functional detail. Therefore, it provides a mechanism for functional modeling as well as information flow modeling.

For this study, the data flow diagram can be used to describe the movement of data through the Energy Analysis System, which consists of several levels as follows:

4.2.1 Level 0 : Context Diagram

A level 0 DFD represents the entire software as a single bubble with input and output data indicated by incoming and outgoing arrows respectively, which is shown in figure 4.1

The diagram shows all types of user that interact directly with the energy analysis system and the consequences which are resulted from the software when users put some actions into the system.

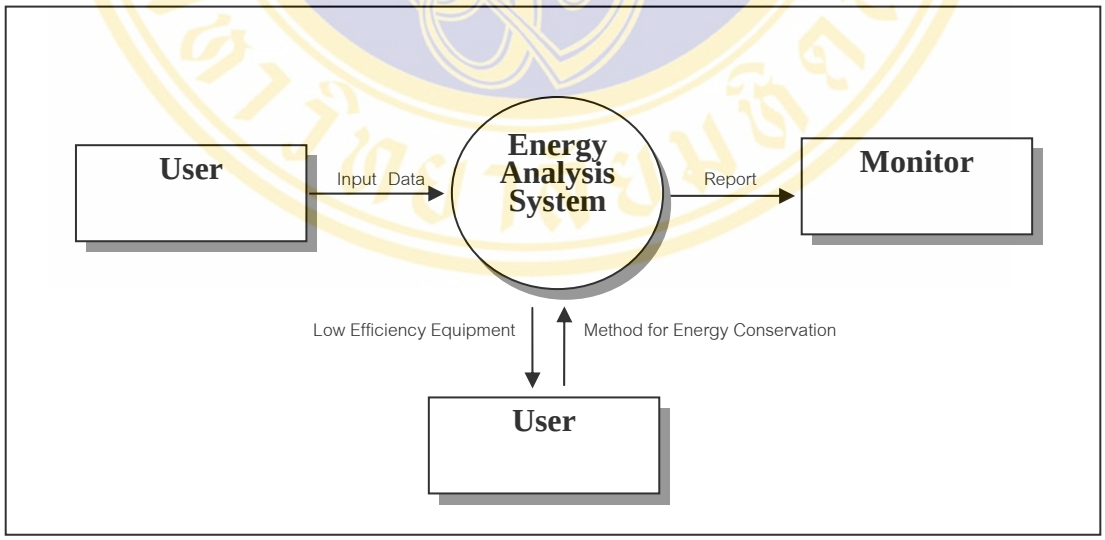


Figure 4.1 Context Diagram of Energy Analysis System

Copyright by Mahidol University

4.2.2 Level 1 : Overall Energy Analysis System

A level 1 DFD can provide more useful detail information of the whole system. It should be noted that information flow continuity is maintained between level 0 and 1.

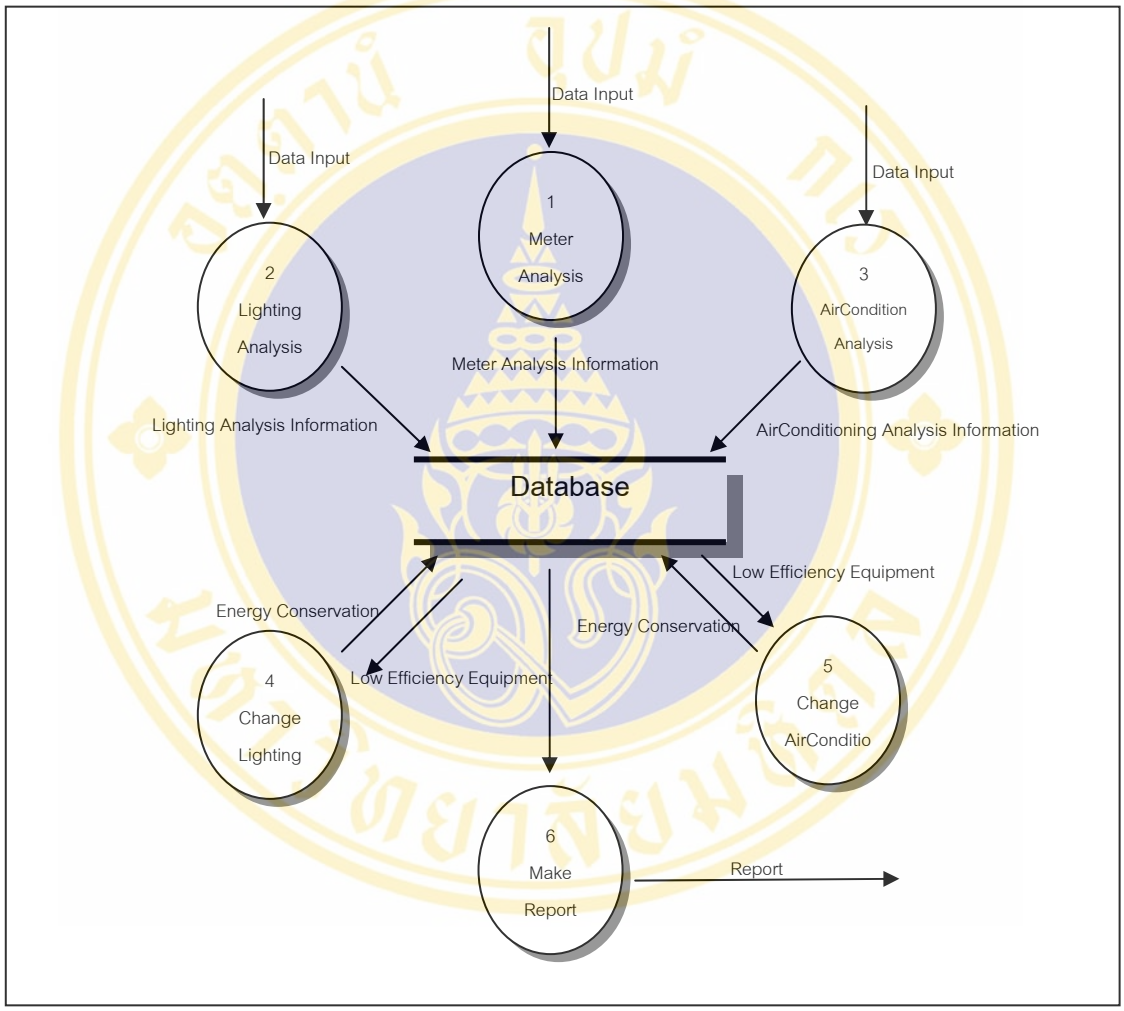


Figure 4.2 Data Flow Diagram Level 1 of Energy Analysis System

Copyright by Mahidol University

4.2.3 Level 2 : Process Details

The process represented at DFD level 1 can be further refined into lower levels. Note once again that information flow continuity has been maintain between levels. Here are the detail descriptions for the each process identified in DFD level 1

The 2nd Level Data Flow Diagram – 1.Meter Analysis

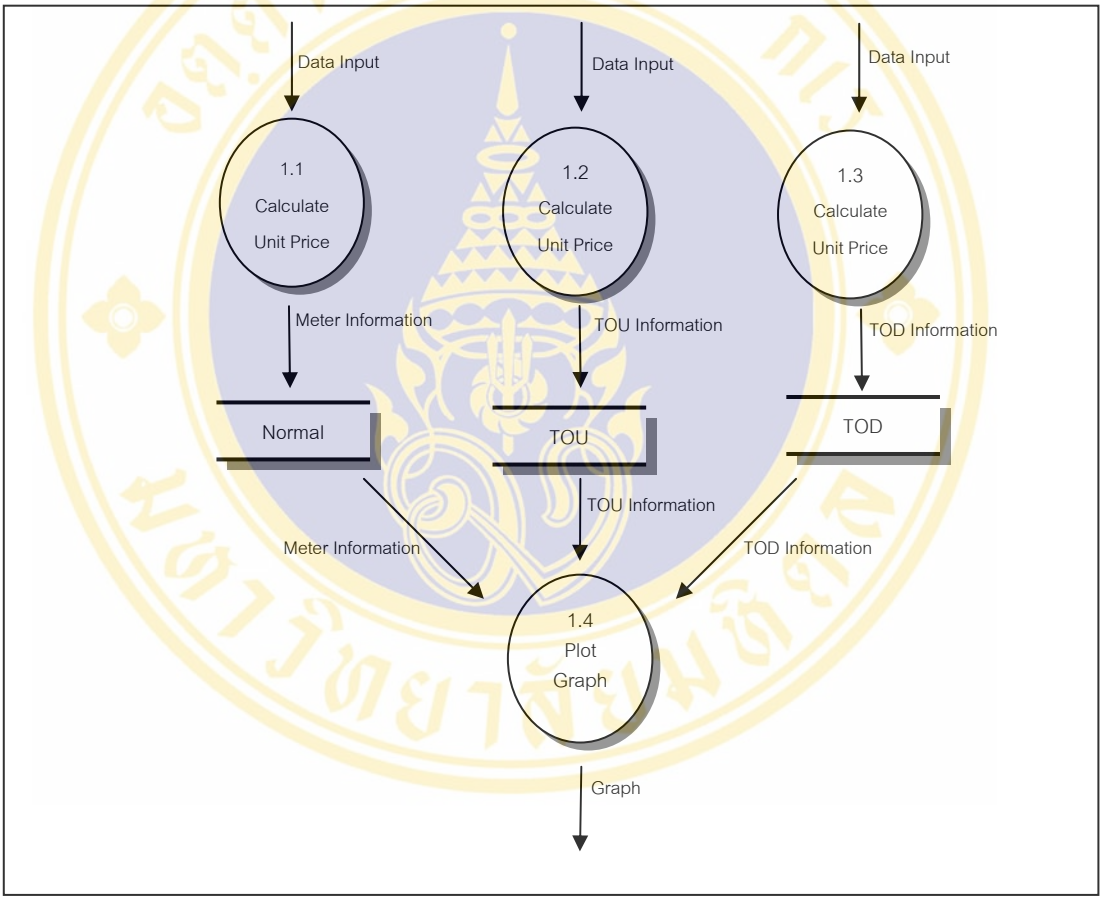


Figure 4.3 Data Flow Diagram Level 2 for Meter Analysis Process

Copyright by Mahidol University

The 2nd Level Data Flow Diagram – 2.Lighting Analysis

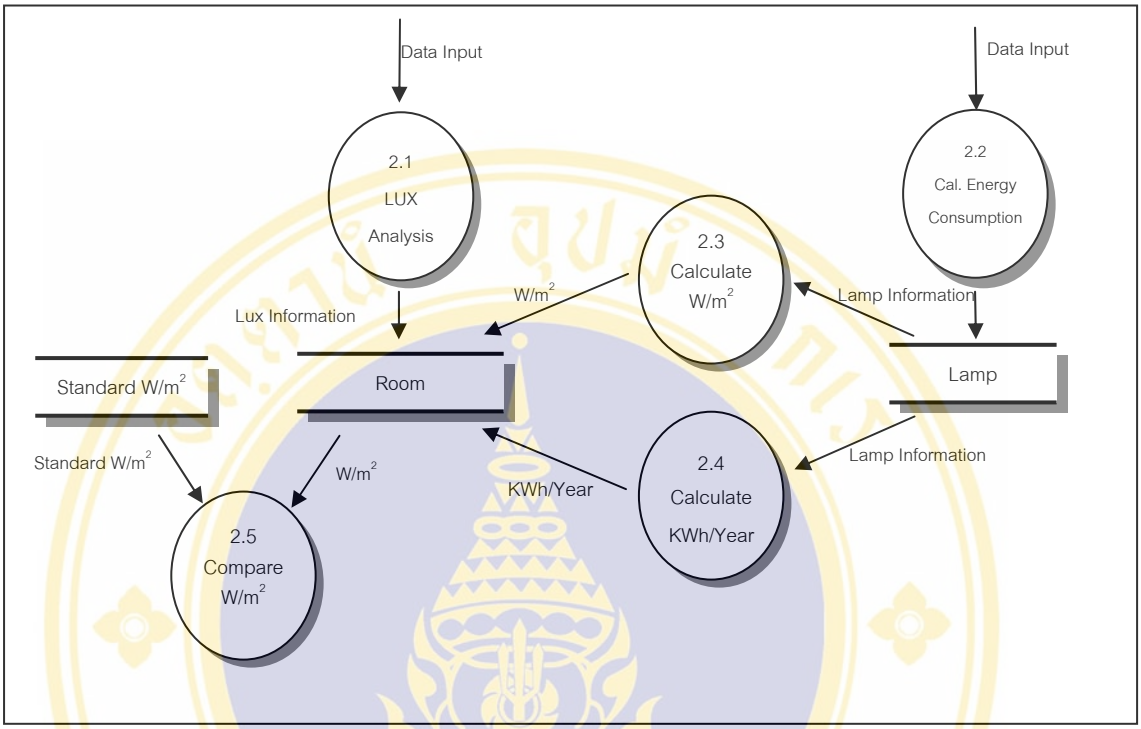


Figure 4.4 Data Flow Diagram Level 2 for Lighting Analysis Process

The 2nd Level Data Flow Diagram – 3.Air Conditioning Analysis

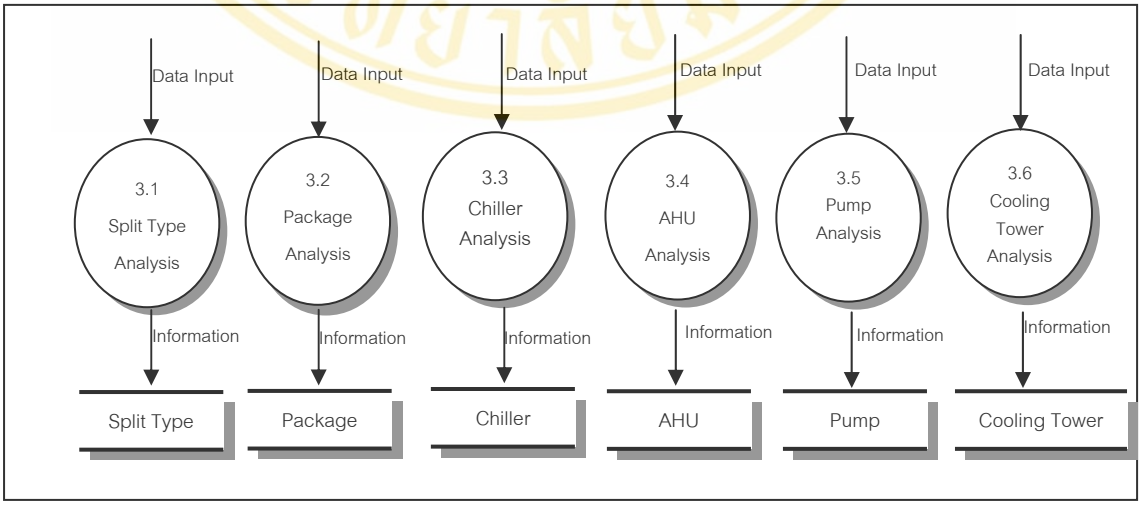


Figure 4.5 Data Flow Diagram Level 2 for Air-Conditioning Analysis Process

Copyright by Mahidol University

The 2nd Level Data Flow Diagram – 4.ChangeLighting

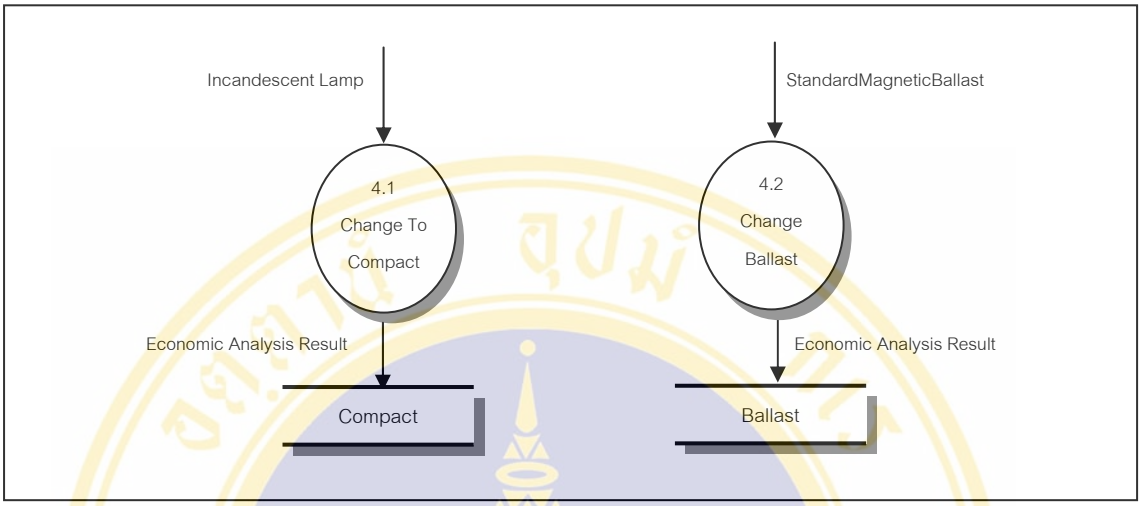


Figure 4.6 Data Flow Diagram Level 2 for ChangeLighting Process

The 2nd Level Data Flow Diagram – 5.ChangeSplit

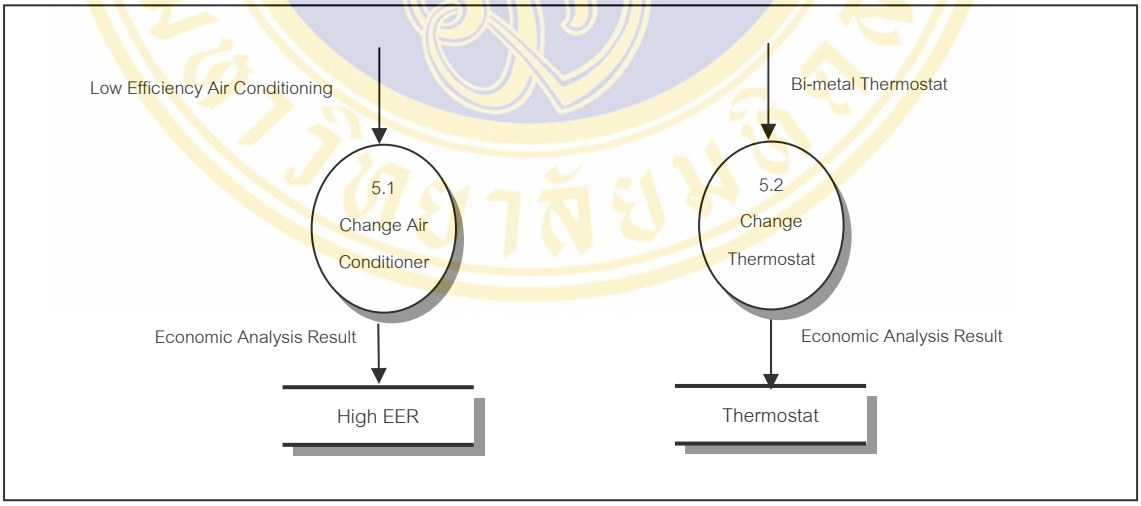


Figure 4.7 Data Flow Diagram Level 2 for ChangeSplit Process

Copyright by Mahidol University

4.2.4 Level 3 : More Specific Process Details

The refinement of DFD continues until each bubble performs a simple function. That is, until the process represented by the bubble performs a function that would be easily implemented as a program component.

For all Level 2 DFD of System mentioned above, some of them can be further expanded into more specific details. This would help simplifying some complicated functions. Here are the level 3 DFDs for the complicated process contained in some of DFDs level 2.

The 3th Level Data Flow Diagram – 2.1Lux Analysis

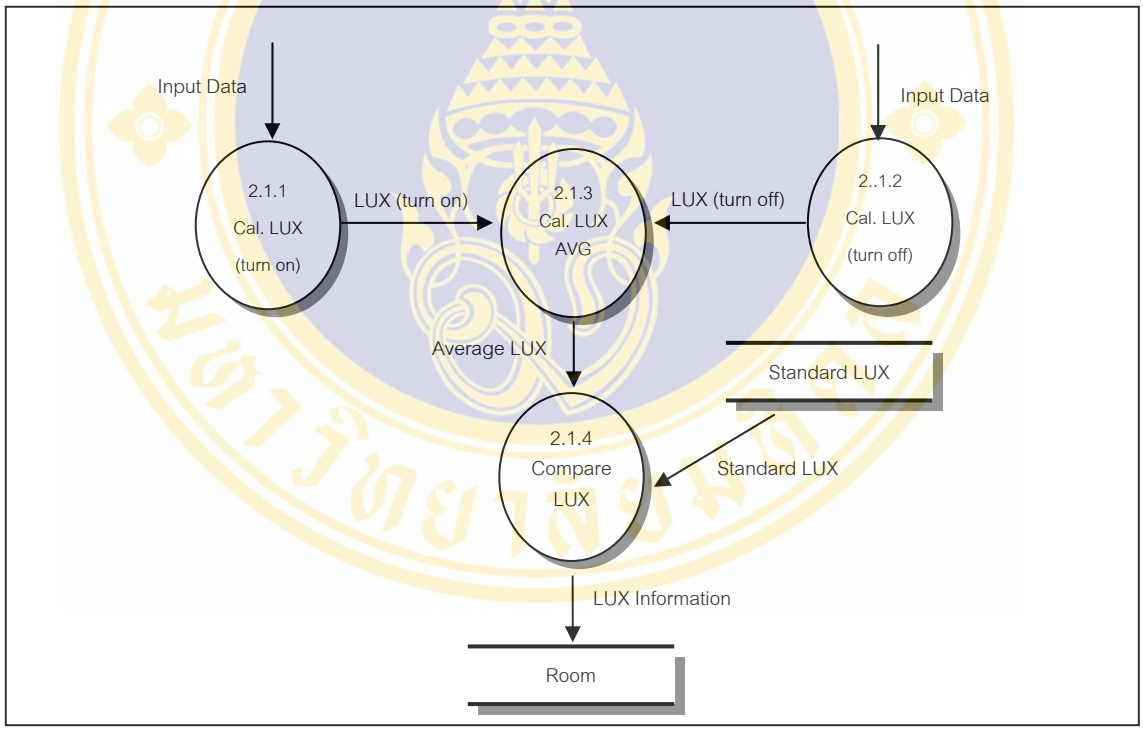


Figure 4.8 Data Flow Diagram Level 3 for Lux Analysis Process

Copyright by Mahidol University

The 3th Level Data Flow Diagram – 2.2Calculate Energy Consumption Analysis

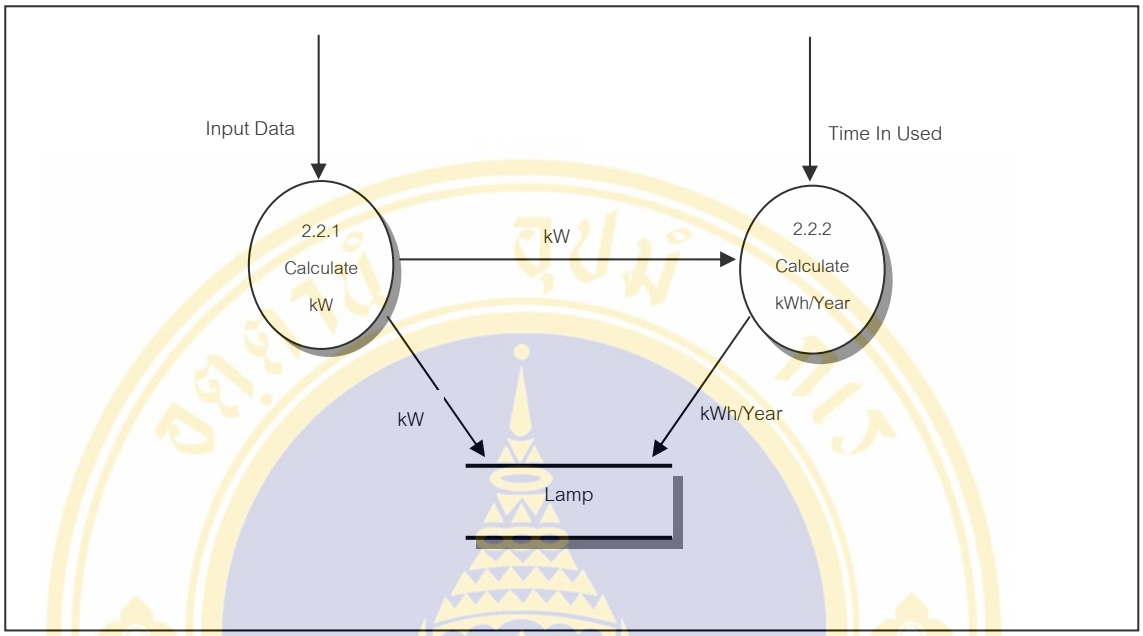


Figure 4.9 Data Flow Diagram Level 3 for Energy Consumtion Analysis Process

The 3th Level Data Flow Diagram – 3.1SplitType Analysis

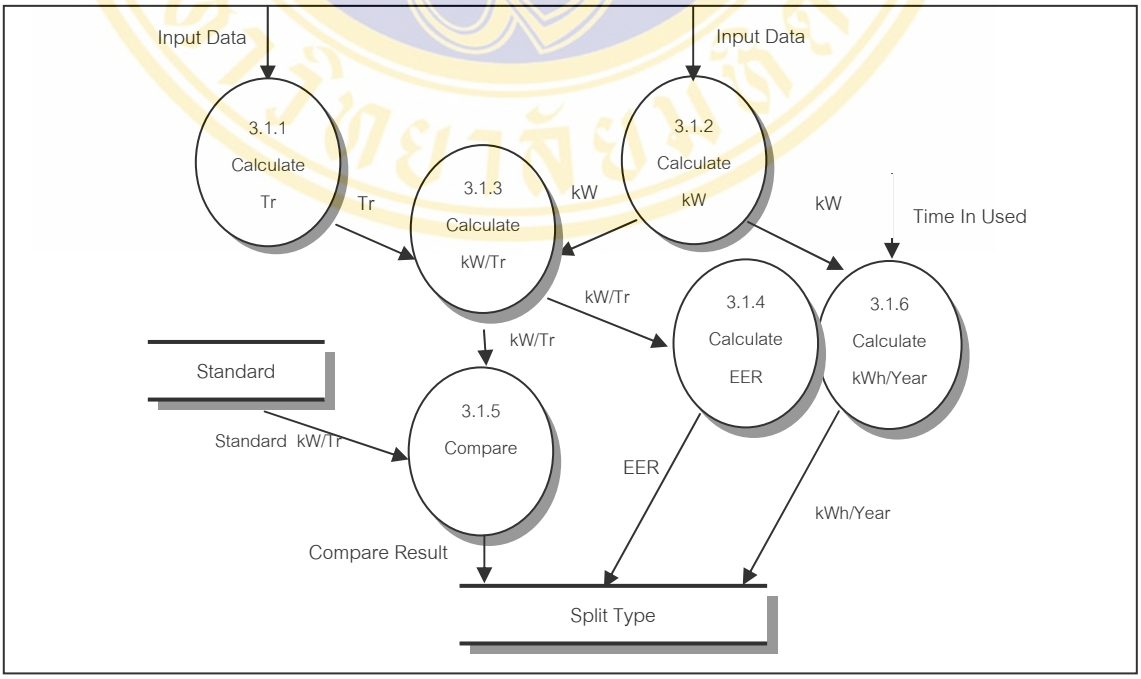


Figure 4.10 Data Flow Diagram Level 3 for Split Type Analysis Process

Copyright by Mahidol University

The 3th Level Data Flow Diagram – 3.2Package Analysis

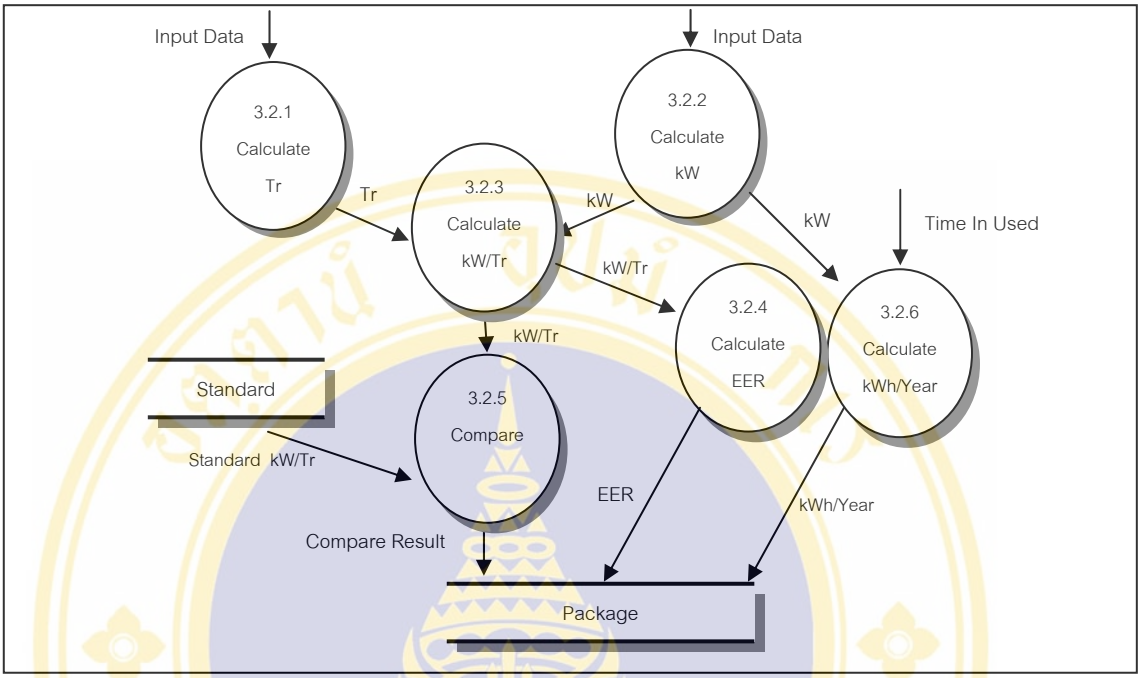


Figure 4.11 Data Flow Diagram Level 3 for Package Analysis Process

The 3th Level Data Flow Diagram – 3.3Chiller Analysis

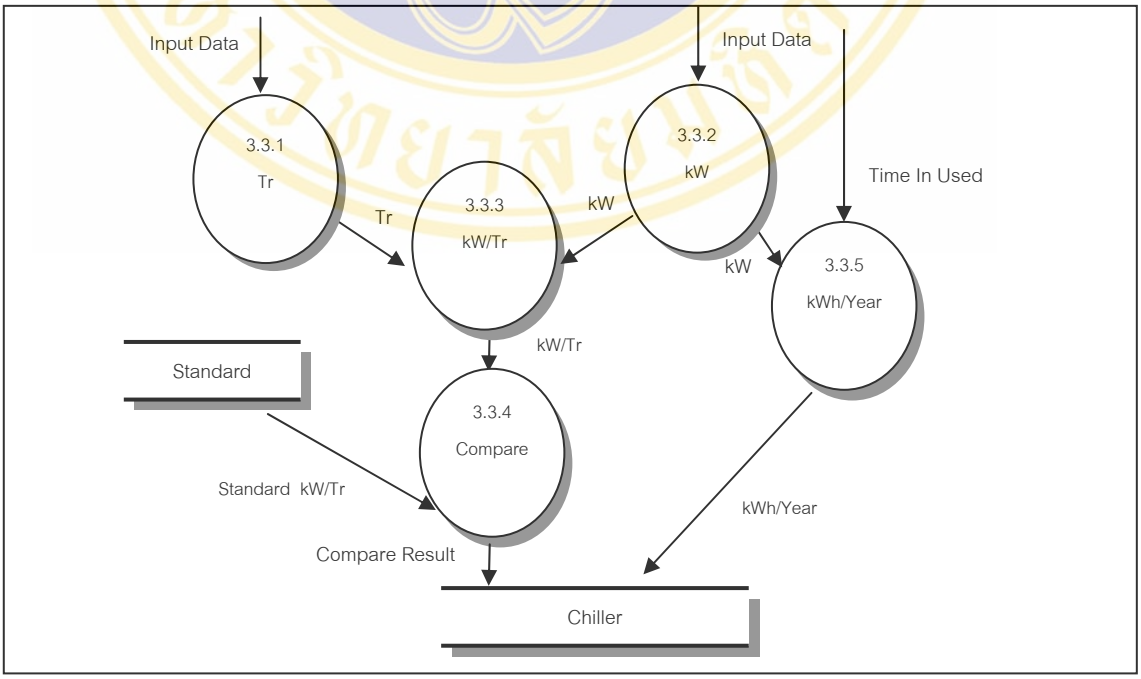


Figure 4.12 Data Flow Diagram Level 3 for Chiller Analysis Process

Copyright by Mahidol University

The 3th Level Data Flow Diagram – 3.4AHU Analysis

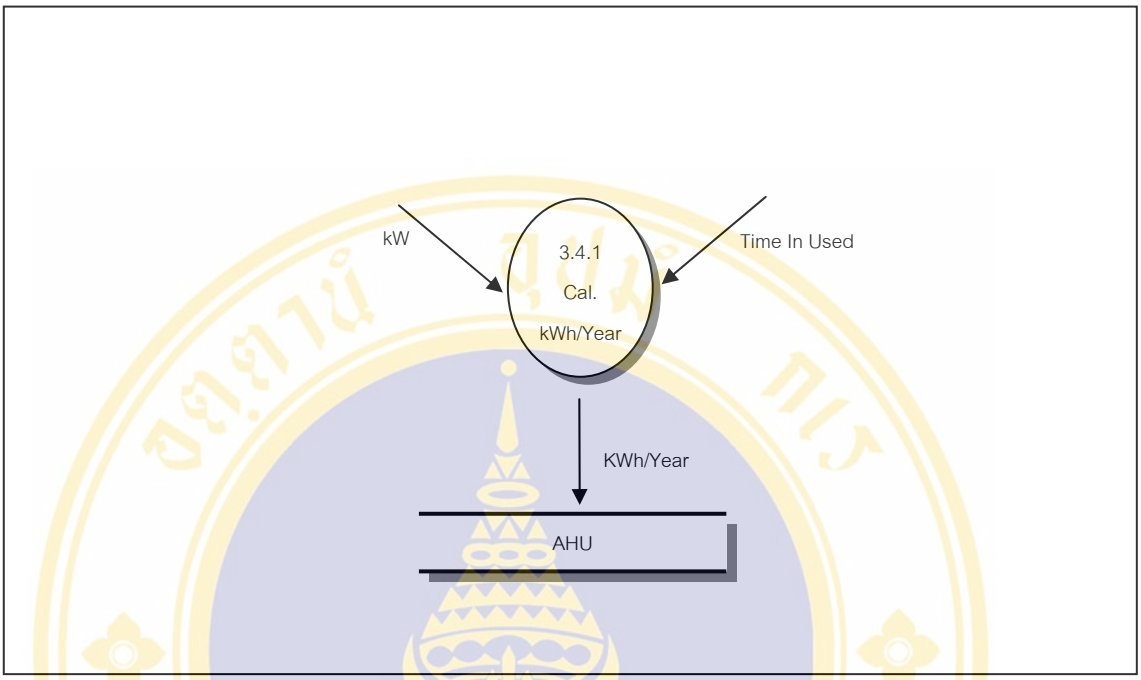


Figure 4.13 Data Flow Diagram Level 3 for AHU Analysis Process

The 3th Level Data Flow Diagram – 3.5Pump Analysis

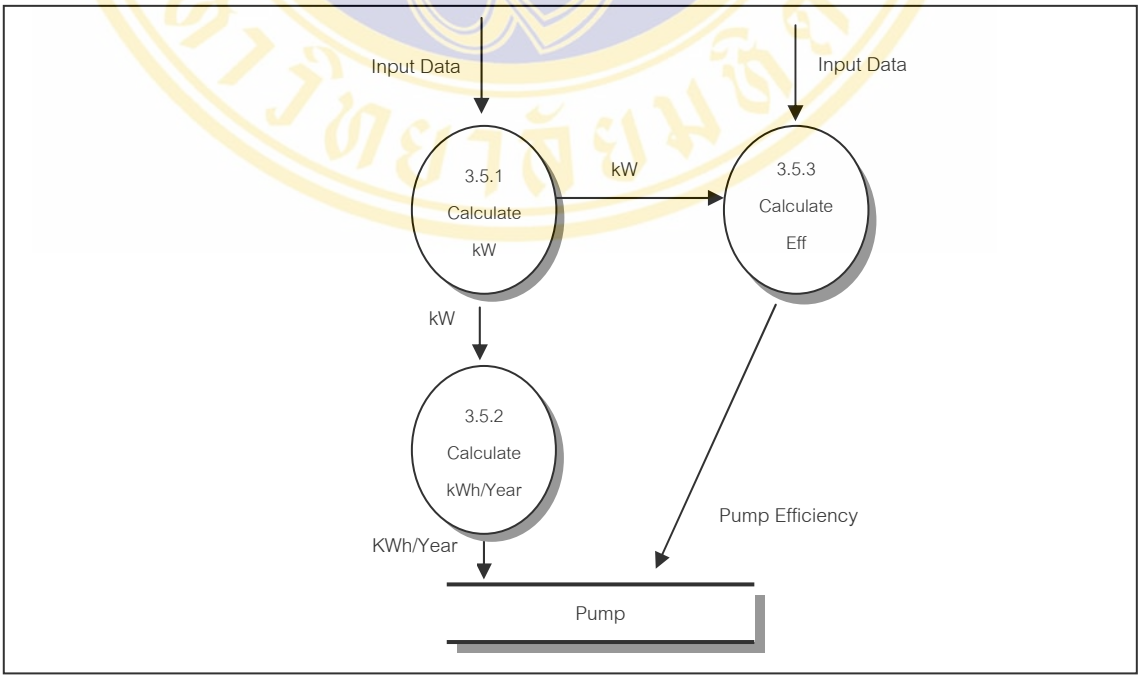


Figure 4.14 Data Flow Diagram Level 3 for Pump Analysis Process

Copyright by Mahidol University

The 3th Level Data Flow Diagram – 3.6Cooling Tower Analysis

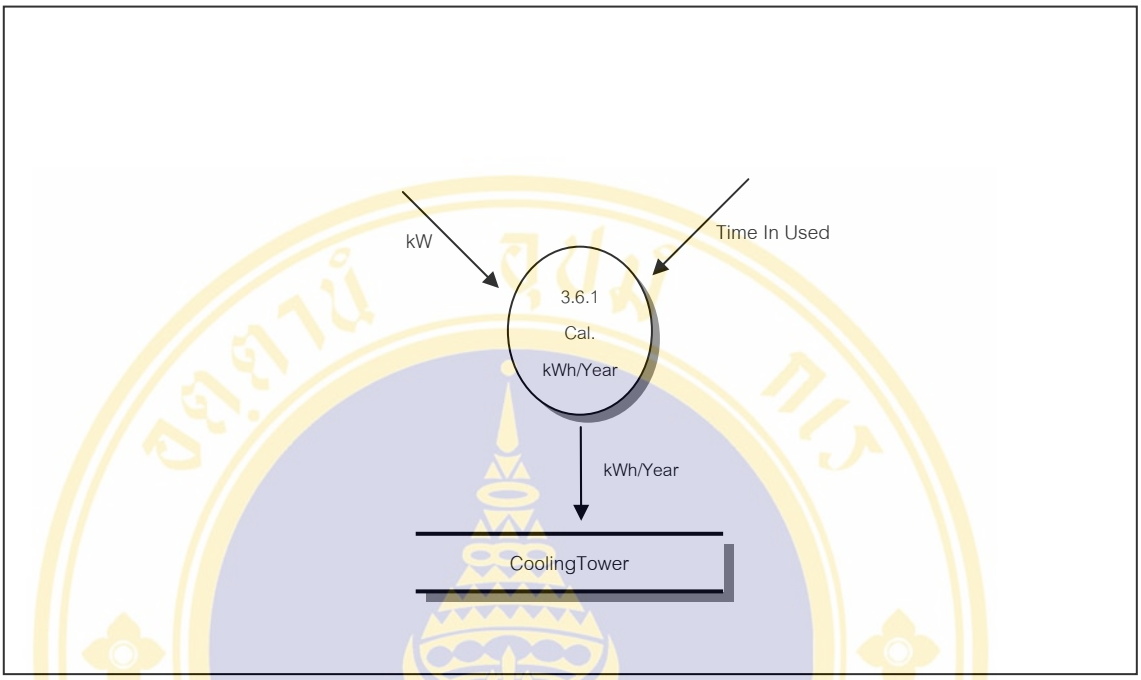


Figure 4.15 Data Flow Diagram Level 3 for Cooling Tower Analysis Process

The 3th Level Data Flow Diagram – 4.1Change Compact

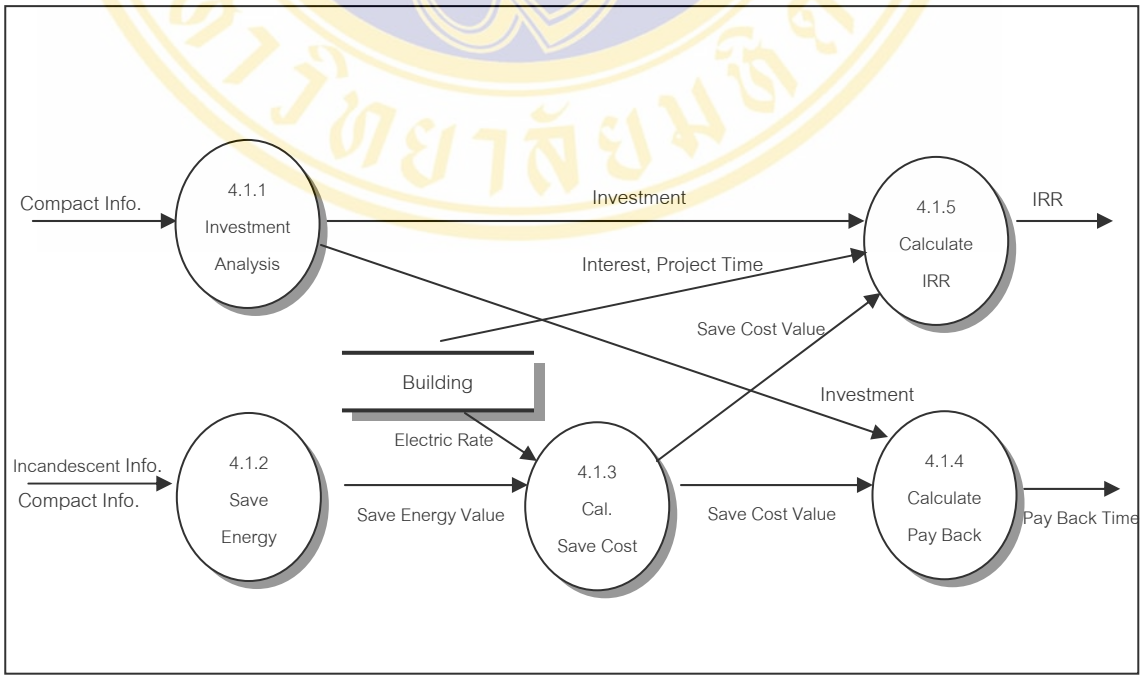


Figure 4.16 Data Flow Diagram Level 3 for Change Compact Process

Copyright by Mahidol University

The 3th Level Data Flow Diagram – 4.2Change Ballast

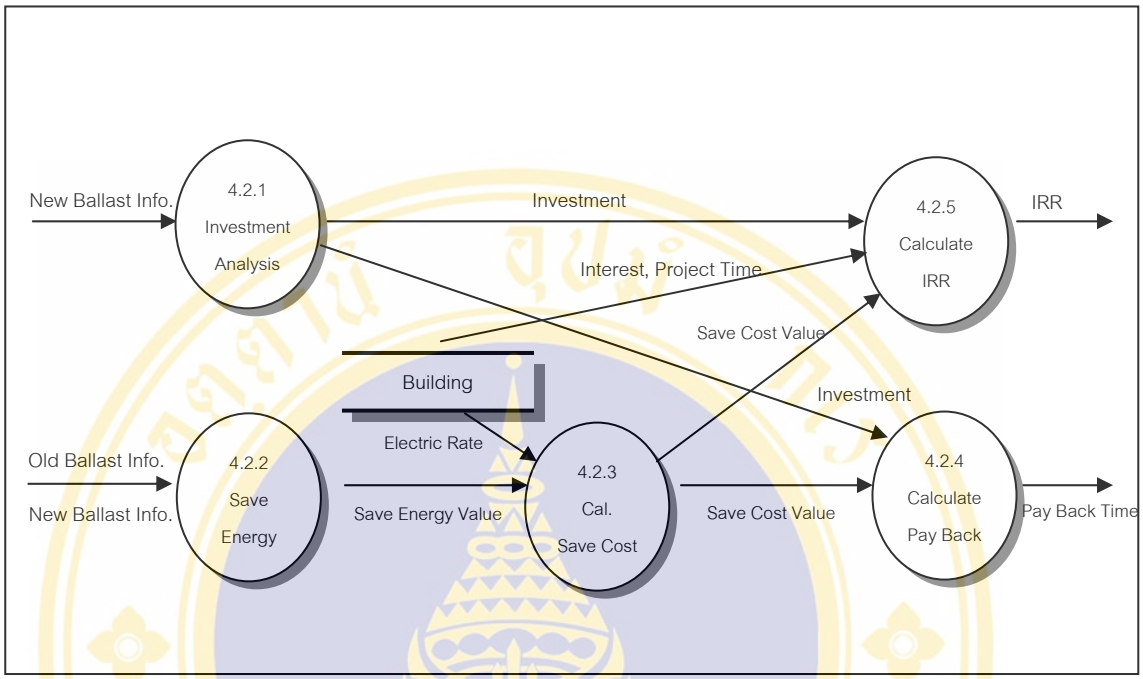


Figure 4.17 Data Flow Diagram Level 3 for Change Ballast Process

The 3th Level Data Flow Diagram – 5.1Change Air Conditioner

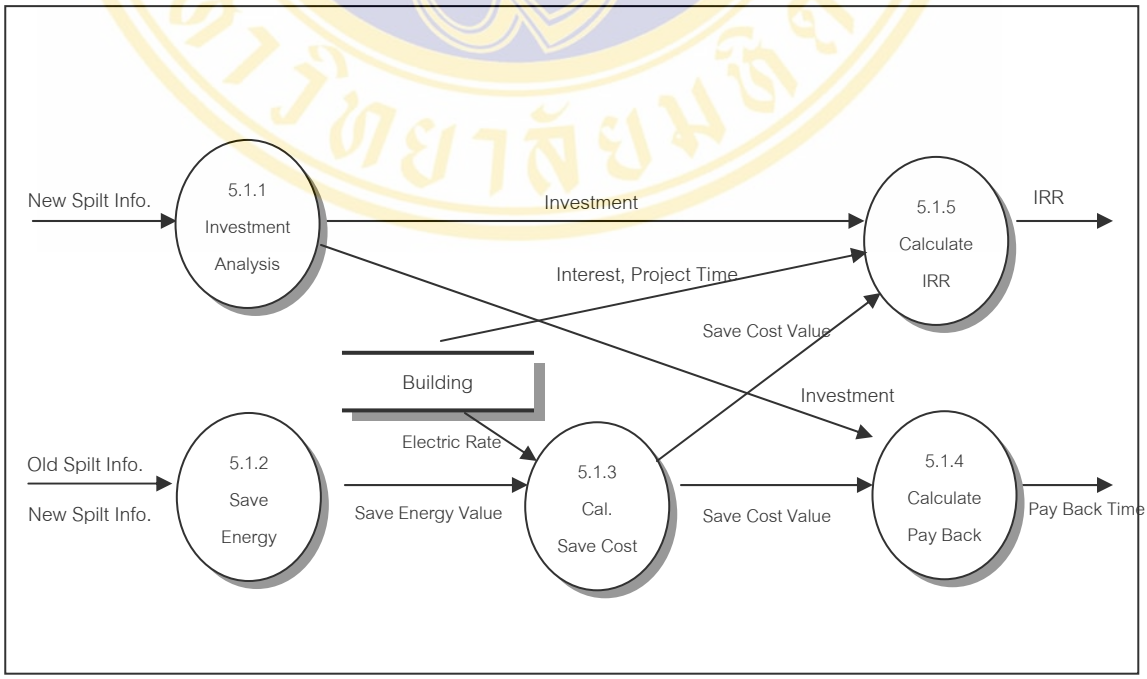


Figure 4.18 Data Flow Diagram Level 3 for Change Air Conditioner Process

Copyright by Mahidol University

The 3th Level Data Flow Diagram – 5.2Change Thermostat

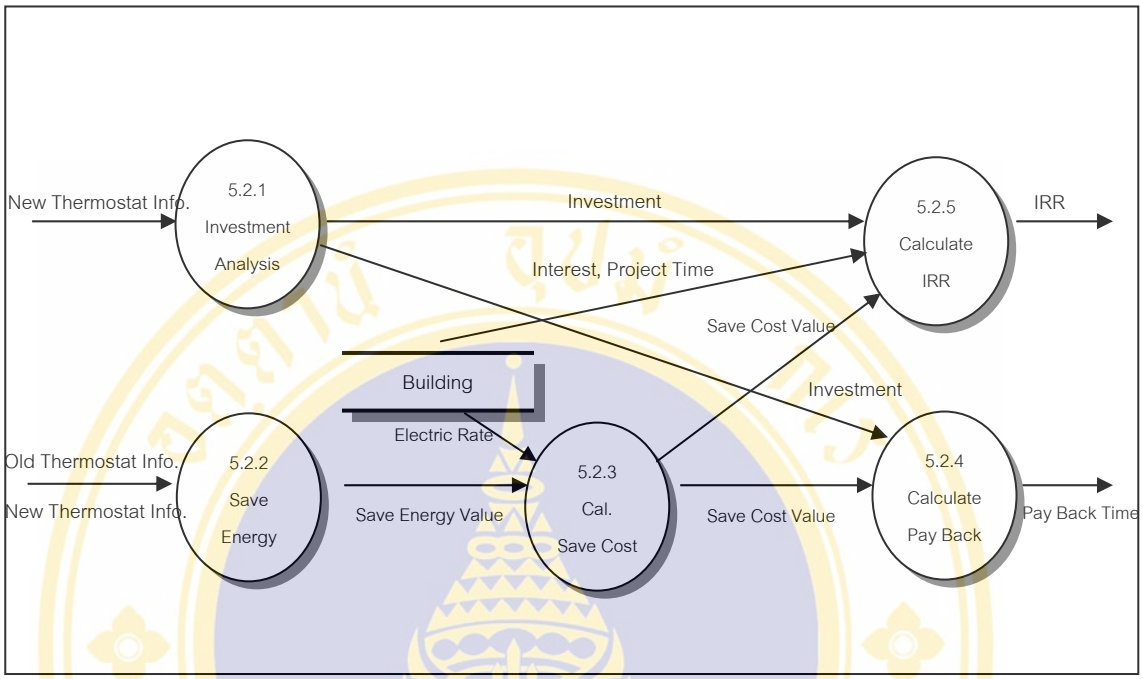


Figure 4.19 Data Flow Diagram Level 3 for Change Thermostat Process

4.3 Entity Relationship Diagram

The entity relationship model yielded a graphical representation of entities and their relationships in database structure. It is precisely that graphical data presentation popularized the use of the E-R diagrams as a tool for conceptual level data modeling. In this section E-R diagram represent relationship of each in the inventory system as shown in figure 4.20

Firstly, the entities and attributes of the database have to be defined, for example, users, suppliers, inventory and draw orders, etc.

Each entity will then be considered how relevant they are to another, such as, suppliers versus inventory, users versus draw orders, request orders versus purchase orders. Thereafter, the attributes of each entity must be considered. The appropriate attributes of each entity will be selected for linking foreign key to another entity. Some entities have only one relation with an entity but some entities have multiple relationships with others. Not only the number of relationship to be defined, but also the type of relationship to be addressed at this stage, i.e. one-to-one, one-to-many, many-to-many.

Copyright by Mahidol University

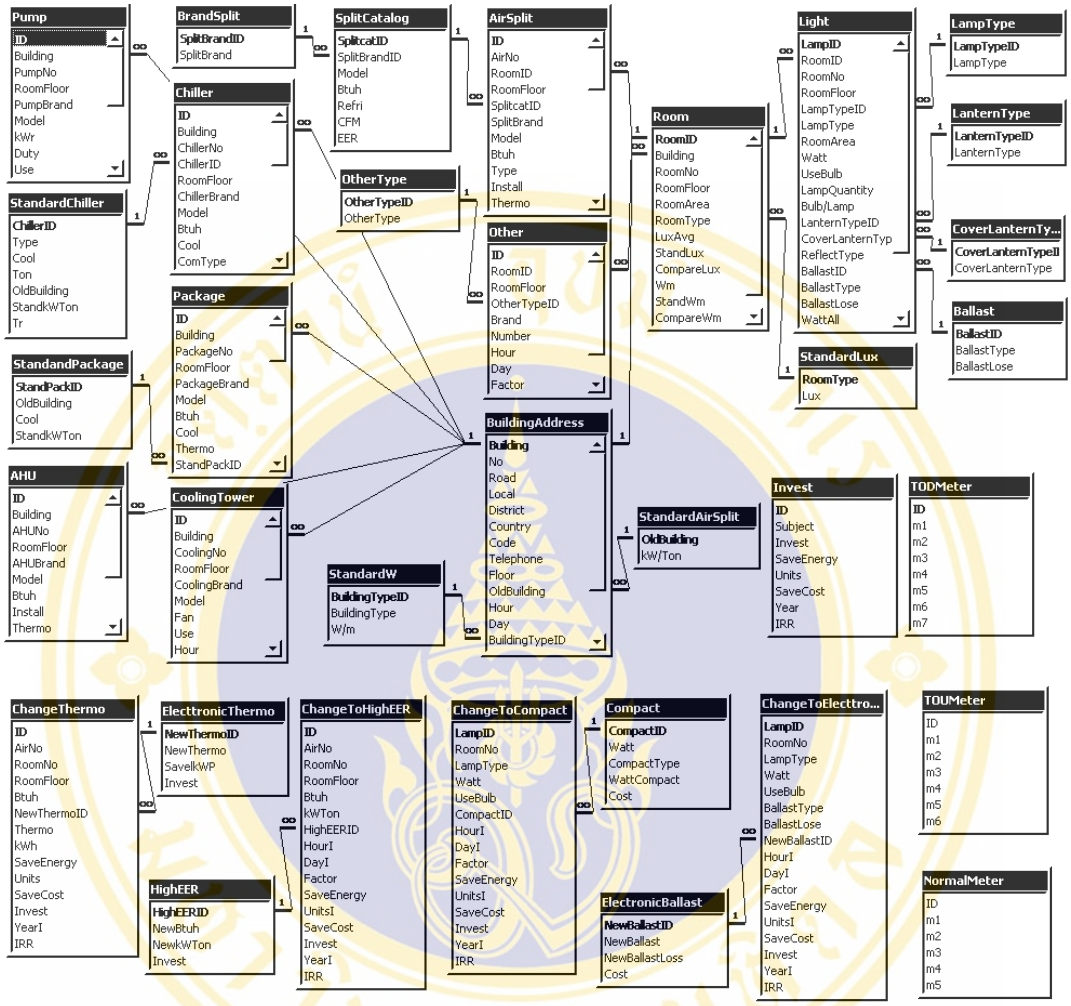


Figure 4.20 Entity Relationship Diagram of Energy Analysis System

Copyright by Mahidol University

4.4 Data Dictionary

The data dictionary is used to provide a detailed accounting of all table contained within the database. Thus the data dictionary contains every attribute names and characteristics for each table in the system.

Table 4.1 Data Dictionary for BuildingAddress Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	Building	Building Name	Text	50	
	No	No. Address	Text	20	
	Road	Road Name	Text	50	
	Local	Local Name	Text	50	
	District	District Name	Text	50	
	Country	Country Name	Text	50	
	Code	Code Number	Number	-	
	Telephone	Telephone Number	Number	-	
	Floor	Floor Number	Number	-	
FK	OldBuilding	Age (Old/New)	Text	5	StandardSplit
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
FK	BuldingTypeID	BuildingTypeID	Number	-	StandardW
	Bed	Number of Beds	Number	-	
	AirArea	Air-Conditioning Area	Number	-	
	NoAirArea	Don’t Conditioning Area	Number	-	
	ParkingArea	Parking Area	Number	-	

Table 4.2 Data Dictionary for StandardAirSplit Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	OldBuilding	Age (Old/New)	Text	5	
	kW/Ton	kW/Ton Value	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.3 Data Dictionary for StandardW Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	BuildingTypeID	Building Type ID	Number	-	
	BuildingType	Building Type	Text	50	
	W/m	W/m^2 Value	Number	-	

Table 4.4 Data Dictionary for BuildingCul Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	Building	Building Name	Text	50	
	YearAir	LifeTime of SplitType	Number	-	
	YearThermostat	LifeTime of Thermostat	Number	-	
	YearBallast	LifeTime of Ballast	Number	-	
	YearCompact	LifeTime of Compact	Number	-	
	Units	Units Price	Number	-	
	Interest	Interest Price	Number	-	
	Wlight	KWh/Year (Lighting)	Number	-	
	Wair	KWh/Year (Air)	Number	-	
	Wother	KWh/Year (Other System)	Number	-	
	Wmeter	KWh/Year (All)	Number	-	

Table 4.5 Data Dictionary for NormalMeter Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
	Month	Month	Text	50	
	EnergyConsum	Energy Consumption	Number	-	
	DemandPeak	Demand Peak	Number	-	
	ElectricCost	Electric Cost	Number	-	
	UnitsCost	Units Cost Average	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.6 Data Dictionary for TOUMeter Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
	Month	Month	Text	50	
	EnergyConsum	Energy Consumption	Number	-	
	OnPeak	Demand Charge (On Peak)	Number	-	
	OffPeak	Demand Charge (Off Peak)	Number	-	
	ElectricCost	Electric Cost	Number	-	
	UnitsCost	Units Cost Average	Number	-	

Table 4.7 Data Dictionary for TODMeter Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
	Month	Month	Text	50	
	EnergyConsum	Energy Consumption	Number	-	
	OnPeak	Demand Charge (On Peak)	Number	-	
	OffPeak	Demand Charge (Off Peak)	Number	-	
	Partial Peak	Demand Charge (Partial Peak)	Number	-	
	ElectricCost	Electric Cost	Number	-	
	UnitsCost	Units Cost Average	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.8 Data Dictionary for Room Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	RoomID	RoomID	Number	-	
FK	Building	Building Name	Text	50	Building
	RoomNo	Room Number	Text	10	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	RoomArea	Room Area	Number	-	
FK	RoomType	Room Type	Text	50	StandardLux
	LuxAvg	Lux Average in Room	Number	-	
	StandLux	Standard Lux	Number	-	
	CompareLux	Compare Lux Result	Text	10	
	Wm	W/m^2 Value	Number	-	
	StandWm	Standard W/m^2	Number	-	
	CompareWm	Compare W/m^2 Result	Text	10	
	kWhYear	kWh/Year Value	Number	-	

Table 4.9 Data Dictionary for StandardLux Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	RoomType	Room Type	Text	50	
	Lux	Standard Lux Value	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.10 Data Dictionary for Light Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	LampID	LampID	Number	-	
FK	RoomID	RoomID	Number	-	Room
	RoomNo	Room Number	Text	10	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	RoomArea	Room Area	Number	-	
FK	LampTypeID	Lamp Type ID	Number	-	LampType
	LampType	LampType ID	Text	50	
	Watt	Watt of Lamp	Number	-	
	UseBulb	Number of Used Bulb	Number	-	
	LampQuantity	Number of Lamp	Number	-	
	Bulb/Lamp	Number of Bulb/Lamp	Number	-	
FK	LanternID	LanternID	Number	-	LanternType
FK	CoverLanternID	CoverLanternID	Number	-	Coverlantern
	ReflectType	Reflect Type	Text	20	
FK	BallastID	BallastID	Number	-	Ballast
	BallastType	Ballast Type	Text	50	
	BallastLose	Ballast Lose	Number	-	
	WattAll	Watt All	Number	-	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	Factor	Diversity Factor (%)	Number	-	
	Wm	W/m^2 Value	Number	-	
	kWhYear	kWh/Year Value	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.11 Data Dictionary for LampType Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	LampTypeID	Lamp Type ID	Number	-	
	LampType	LampType ID	Text	50	

Table 4.12 Data Dictionary for LanternType Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	LanternID	Lantern ID	Number	-	
	LanternType	Lantern Type	Text	50	

Table 4.13 Data Dictionary for CoverLanternType Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	CoverLanternID	CoverLantern Type ID	Number	-	
	CoverLantern	CoverLantern Type	Text	50	

Table 4.14 Data Dictionary for Ballast Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	BallastID	Ballast ID	Number	-	
	BallastType	Ballast Type	Text	50	
	BallastLose	Ballast Lose	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.15 Data Dictionary for AirSplit Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
FK	RoomID	RoomID	Number	-	Room
	AirNo	Unit Number	Text	20	
FK	SplitCatID	Split Type Catalog ID	Number	-	SplitCatalog
	Model	Model of Air Split Type	Text	20	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	Install	Type of Installation	Text	20	
	Thermo	Type of Thermostat	Text	20	
	Use	State (St.by/Duty)	Text	20	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	Factor	Factor of Compressor	Number	-	
	WgrillSup	Water Flow Rate	Number	-	
	LgrillSup	Water Temp In	Number	-	
	VelocitySup	Water Temp Out	Number	-	
	TdbSup	Dry-Bulb Temp In	Number	-	
	TwbSup	Wet-Bulb Temp In	Number	-	
	TdbRe	Dry-Bulb Temp Out	Number	-	
	TwbRe	Wet-Bulb Temp Out	Number	-	
	TdCoilHot	Dry-Bulb Cooling AirTemp	Number	-	
	ChangekW	Rectify Factor (kW)	Number	-	
	ChangeTon	Rectify Factor (Ton)	Number	-	
	Hsup	Enthalpy of Supply Air	Number	-	
	Hreturn	Enthalpy of Return Air	Number	-	
	CMM	Supply Air Velocity	Number	-	
	Ton	Cooling Capacity Actual	Number	-	
	RealkW	kW (Actual)	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.15 Data Dictionary for AirSplit Table (Continued)

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
	kWTon	kW/Ton	Number	-	
	StandkWTon	Standard kW/Ton Value	Number	-	
	EER	EER Value	Number	-	
	kWh	kWh/Year	Number	-	
	Compare	Compare Result (kW/Ton)	Text	20	

Table 4.16 Data Dictionary for SplitCatalog Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	SplitCatID	Split Catalog ID	Number	-	
FK	SplitBandID	Split Brand ID	Number	-	
	Model	Model of Air Split Type	Text	20	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	Refri	Type of Refrigerator	Text	20	
	CFM	Supply Air Velocity	Number	-	
	EER	EER Value	Number	-	

Table 4.17 Data Dictionary for BrandSplit Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	SplitBandID	Split Brand ID	Number	-	
	SplitBand	Brand of Air Split Type	Text	20	

Copyright by Mahidol University

Table 4.18 Data Dictionary for Other Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Other ID	Number	-	
FK	RoomID	RoomID	Number	-	Room
FK	OtherTypeID	Other Type ID	Number	-	OtherType
	Brand	Brand	Text	20	
	Number	Number of Other	Number	-	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	Factor	Diversity Factor (%)	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	kWh	kWh/Year Value	Number	-	

Table 4.19 Data Dictionary for OtherType Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	OtherTypeID	Other Type ID	Number	-	
	OtherType	Type of Other	Text	20	

Copyright by Mahidol University

Table 4.20 Data Dictionary for Package Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
FK	Building	Building Name	Text	50	Building
	PackageNo	Unit Number	Text	20	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	PackBrand	Brand of Package Type	Text	20	
	Model	Model of Package Type	Text	20	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	Cool	Type of Cooling	Text	20	
	Thermo	Type of Thermostat	Text	20	
FK	StandPackID	Standard Package ID	Number	-	StandardPakage
	Use	State (St.by/Duty)	Text	20	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	Factor	Factor of Compressor	Number	-	
	WgrillSup	Water Flow Rate	Number	-	
	LgrillSup	Water Temp In	Number	-	
	VelocitySup	Water Temp Out	Number	-	
	TdbSup	Dry-Bulb Temp In	Number	-	
	TwbSup	Wet-Bulb Temp In	Number	-	
	TdbRe	Dry-Bulb Temp Out	Number	-	
	TwbRe	Wet-Bulb Temp Out	Number	-	
	TdCoilHot	Dry-Bulb Cooling AirTemp	Number	-	
	ChangekW	Rectify Factor (kW)	Number	-	
	ChangeTon	Rectify Factor (Ton)	Number	-	
	Hsup	Enthalpy of Supply Air	Number	-	
	Hreturn	Enthalpy of Return Air	Number	-	
	CMM	Supply Air Velocity	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.20 Data Dictionary for Package Table (Continued)

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
	Ton	Cooling Capacity Actual	Number	-	
	RealkW	kW (Actual)	Number	-	
	kWTon	kW/Ton	Number	-	
	StandkWTon	Standard kW/Ton Value	Number	-	
	EER	EER Value	Number	-	
	kWh	kWh/Year	Number	-	
	Compare	Compare Result (kW/Ton)	Text	20	

Table 4.21 Data Dictionary for StandardPackage Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	StandPackID	Standard Packge ID	Number	-	
	OldBuilding	Age (Old/New)	Text	5	
	Cool	Type of Cooling	Text	20	
	StandkWTon	Satandard kW/Ton Value	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.22 Data Dictionary for Chiller Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
FK	Building	Building Name	Text	50	Building
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	ChillerNo	Unit Number	Text	20	
	ChillerBrand	Brand of Chiller	Text	20	
	Model	Model of Chiller	Text	20	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	Type	Type of Compressor	Text	20	
	Cool	Type of Cooling	Text	20	
FK	StandChillID	Standard Chiller ID	Number	-	StandardChiller
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	Tin	Chiller Water Temp In	Number	-	
	Tout	Chiller Water Temp Out	Number	-	
	GPM	Chiller Water Flow Rate	Number	-	
	TCin	Cooling Water Temp In	Number	-	
	TCout	Cooling Water Temp Out	Number	-	
	GPMc	Cooling Water Flow Rate	Number	-	
	TCA	Cooling Air Temp In	Number	-	
	ChangekW	Rectify Factor (kW)	Number	-	
	ChangeTon	Rectify Factor (Ton)	Number	-	
	Ton	Cooling Capacity Actual	Number	-	
	RealkW	kW (Actual)	Number	-	
	kWTon	kW/Ton	Number	-	
	StandkWTon	Standard kW/Ton Value	Number	-	
	EER	EER Value	Number	-	
	kWh	kWh/Year	Number	-	
	Compare	Compare Result	Text	20	

Copyright by Mahidol University

Table 4.23 Data Dictionary for StandardChiller Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	StandChillID	Standard Chiller ID	Number	-	
	Type	Type of Compressor	Text	20	
	Cool	Type of Cooling	Text	20	
	Ton	Cooling Capacity (Ton)	Text	20	
	OldBuilding	Age (Old/New)	Text	5	
	StandkWTon	Standard kW/Ton Value	Number	-	

Table 4.24 Data Dictionary for AHU Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
FK	Building	Building Name	Text	50	Building
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	AHUNo	Unit Number	Text	20	
	AHUBrand	Brand of AHU	Text	20	
	Model	Model of AHU	Text	20	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	Install	Type of Installation	Text	20	
	Thermo	Type of Thermostat	Text	20	
	Use	State (St.by/Duty)	Text	20	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	kWh	kWh/Year	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.25 Data Dictionary for Pump Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
FK	Building	Building Name	Text	50	Building
	PumpNo	Unit Number	Text	20	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	PumpBrand	Brand of Pump	Text	20	
	Model	Model of Pump	Text	20	
	kWr	Rated Capacity (kW)	Text	20	
	Duty	Application of Pump	Text	20	
	Use	State (St.by/Duty)	Text	20	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	GPM	Chiller Water Flow Rate	Number	-	
	Psuc	Suction Pressure	Number	-	
	Pdis	Discharge Pressure	Number	-	
	kWh	kWh/Year	Number	-	
	Eff	Pump Efficiency	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.26 Data Dictionary for Cooling Tower Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
FK	Building	Building Name	Text	50	Building
	CoolingNo	Unit Number	Text	20	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	CoolingBrand	Brand of CoolingTower	Text	20	
	Model	Model of CoolingTower	Text	20	
	Fan	Type of Fan	Text	20	
	Use	State (St.by/Duty)	Text	20	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	kW	kW (Actual)	Number	-	
	GPM	Water Flow Rate	Number	-	
	Tin	Water Temp In	Number	-	
	Tout	Water Temp Out	Number	-	
	Tdbin	Dry-Bulb Temp In	Number	-	
	Twbin	Wet-Bulb Temp In	Number	-	
	Tdbout	Dry-Bulb Temp Out	Number	-	
	Twbout	Wet-Bulb Temp Out	Number	-	
	kWh	kWh/Year	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.27 Data Dictionary for ChangeToCompact Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	LampID	Lamp ID	Number	-	
	RoomNo	Room Number	Text	20	
	LampType	Lamp Type	Text	20	
	UseBulb	Number of Used Bulb	Number	-	
	Watt	Watt of Incandescent Lamp	Number	-	
FK	CompactID	CompactID	Number	-	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	Factor	Diversity Factor (%)	Number	-	
	SaveEnergy	Save Energy	Number	-	
	Units	Units Price	Number	-	
	SaveCost	Save Cost	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	
	Year	Simple Pay Back Value	Number	-	
	IRR	IRR Value	Number	-	

Table 4.28 Data Dictionary for Compact Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	CompactID	Compact ID	Number	-	
	Watt	Watt of Incandescent Lamp	Number	-	
	CompactType	Type of Compact	Text	20	
	WattCompact	Watt of Compact	Number	-	
	Cost	Cost	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.29 Data Dictionary for ChangeToElecttronicBallast Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	LampID	Lamp ID	Number	-	
	RoomNo	Room Number	Text	20	
	LampType	Lamp Type	Text	20	
	Watt	Watt of Incandescent	Number	-	
	UseBulb	Number of Used Bulb	Number	-	
	BallastType	Ballast Type	Text	20	
	BallastLose	Ballast Lose	Number	-	
FK	NewBalastID	NewBallastID	Number	-	
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	Factor	Diversity Factor (%)	Number	-	
	SaveEnergy	Save Energy	Number	-	
	Units	Units Price	Number	-	
	SaveCost	Save Cost	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	
	Year	Simple Pay Back Value	Number	-	
	IRR	IRR Value	Number	-	

Table 4.30 Data Dictionary for ElecttronicBallast Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	NewBalastID	New Ballast ID	Number	-	
	NewBallast	Type of NewBallast	Text	20	
	NewBallast Loss	New Ballast Loss	Number	-	
	Cost	Cost	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.31 Data Dictionary for ChangeToHighEER Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	SplitID	Split Type ID	Number	-	
	AirNo	Unit Number	Text	20	
	RoomNo	Room Number	Text	20	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	kW/Ton	kW/Ton Value	Number	-	
FK	EERID	High EER ID	Number	-	HighEER
	Hour	Working Hour in Day	Number	-	
	Day	Working Day in Week	Number	-	
	Factor	Diversity Factor (%)	Number	-	
	SaveEnergy	Save Energy	Number	-	
	Units	Units Price	Number	-	
	SaveCost	Save Cost	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	
	Year	Simple Pay Back Value	Number	-	
	IRR	IRR Value	Number	-	

Table 4.32 Data Dictionary for HighEER Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	EERID	High EER ID	Number	-	
	NewBtuh	New Btuh	Text	20	
	NewkWTon	New kW/Ton	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.33 Data Dictionary for ChangeThermo Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	SplitID	Split Type ID	Number	-	
	AirNo	Unit Number	Text	20	
	RoomNo	Room Number	Text	20	
	RoomFloor	Room Floor	Number	-	
	Btuh	Btuh	Number	-	
	Thermo	Type of Thermostat	Text	20	
FK	ThermoID	New Thermostat ID	Number	-	
	kWh	kWh/Year Value	Number	-	
	SaveEnergy	Save Energy	Number	-	
	Units	Units Price	Number	-	
	SaveCost	Save Cost	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	
	Year	Simple Pay Back Value	Number	-	
	IRR	IRR Value	Number	-	

Table 4.34 Data Dictionary for ElectronicThermo Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ThermoID	New Thermostat ID	Number	-	
	NewThermo	Type of New Thermostat	Text	20	
	SavekWP	Energy Reduce (%)	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	

Copyright by Mahidol University

Table 4.35 Data Dictionary for Invest Table

Key	Name	Description	Type	Size	FK Ref. Table
PK	ID	Record ID	Number	-	
	Subject	Name of Methods	Text	20	
	SaveEnergy	Save Energy	Number	-	
	Units	Units Price	Number	-	
	SaveCost	Save Cost	Number	-	
	Invest	Invest	Number	-	
	Year	Simple Pay Back Value	Number	-	
	IRR	IRR Value	Number	-	

4.5 Structural Chart

The structural chart is used to represect the program structure. It define the components of the system, which are called modules, and the manner in which those components are packaged and interact with one another. The structure chart is designed to cover all processer in DFD. The overall structure charts of the system is shown in figures 4.21 and the details are shown in figures 4.22-4.25

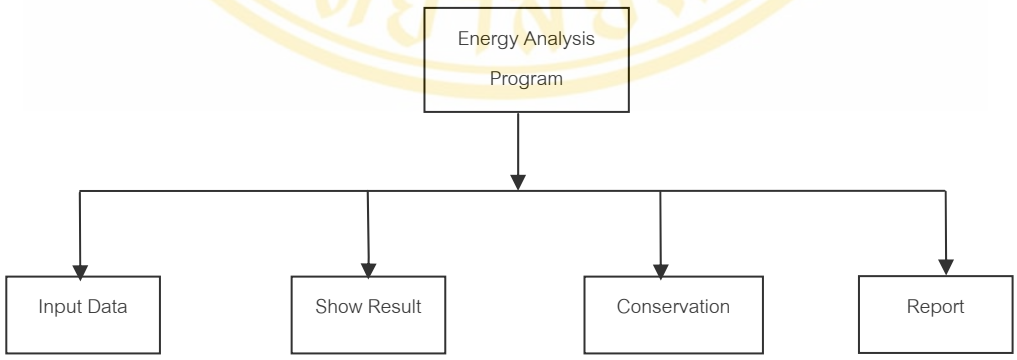


Figure 4.21 The Structure Chart of Energy Analysis Program

Copyright by Mahidol University

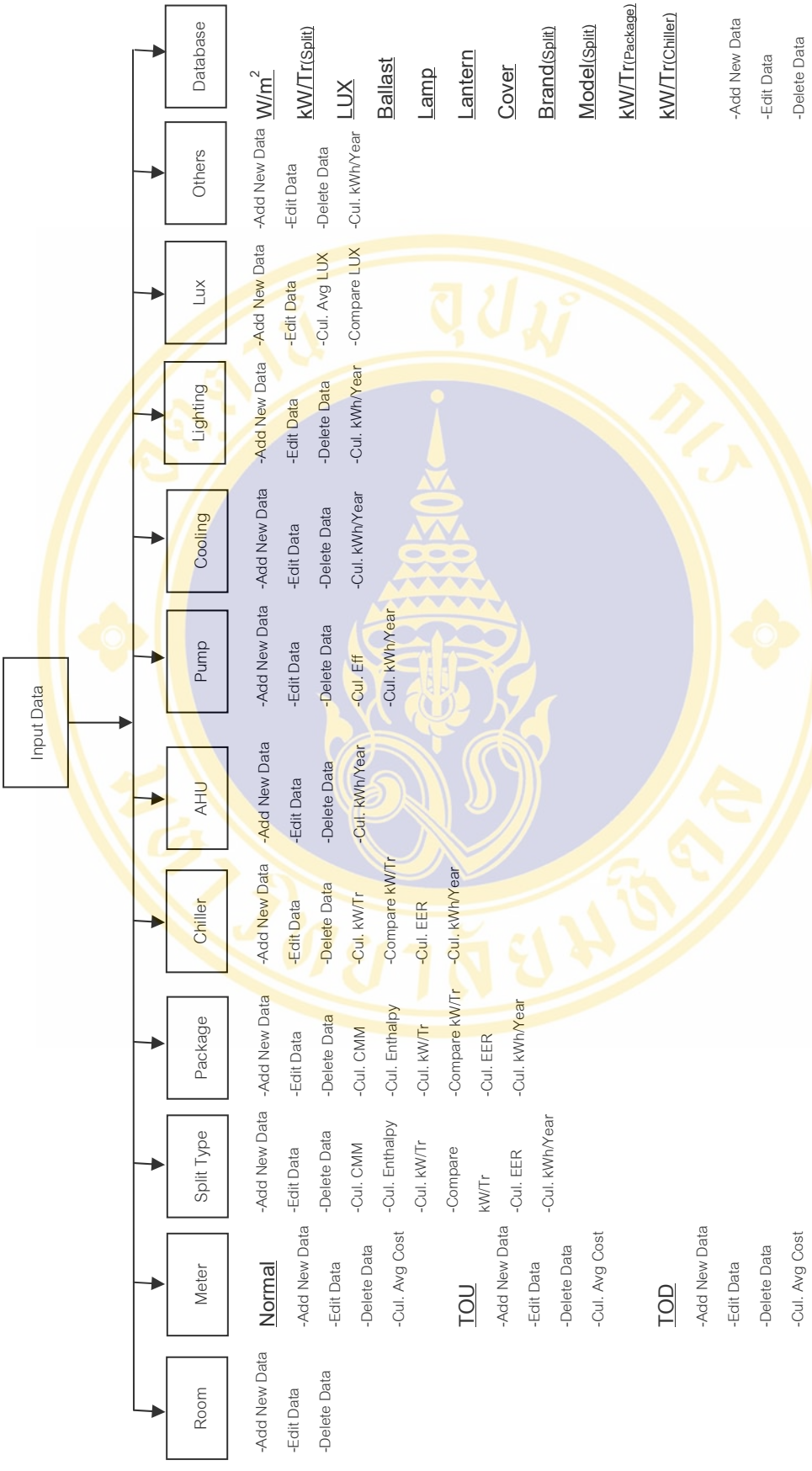


Figure 4.22 The Structure Chart of Energy Analysis Program : Input Data

Copyright by Mahidol University

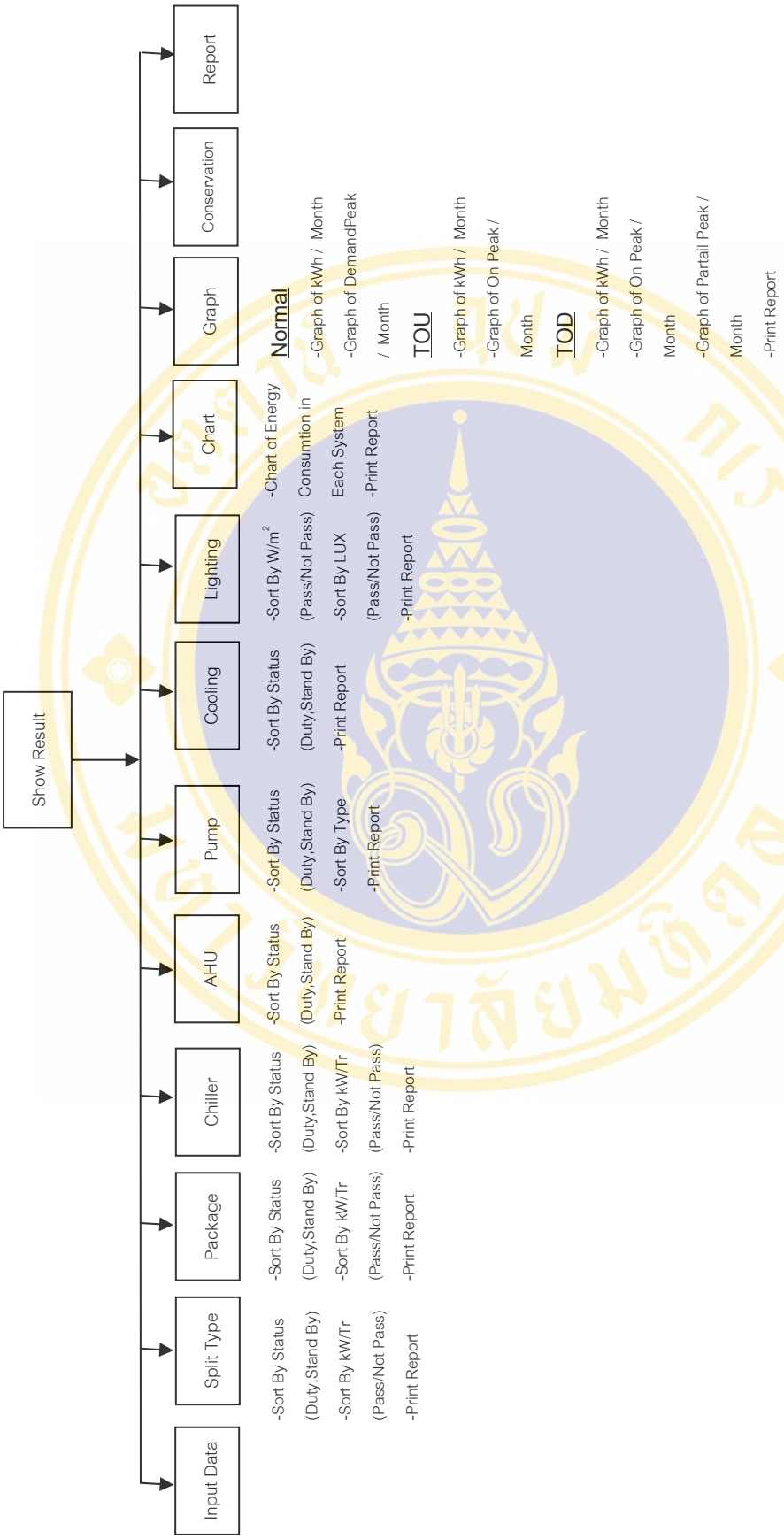


Figure 4.23 The Structure Chart of Energy Analysis Program : Show Result

Copyright by Mahidol University

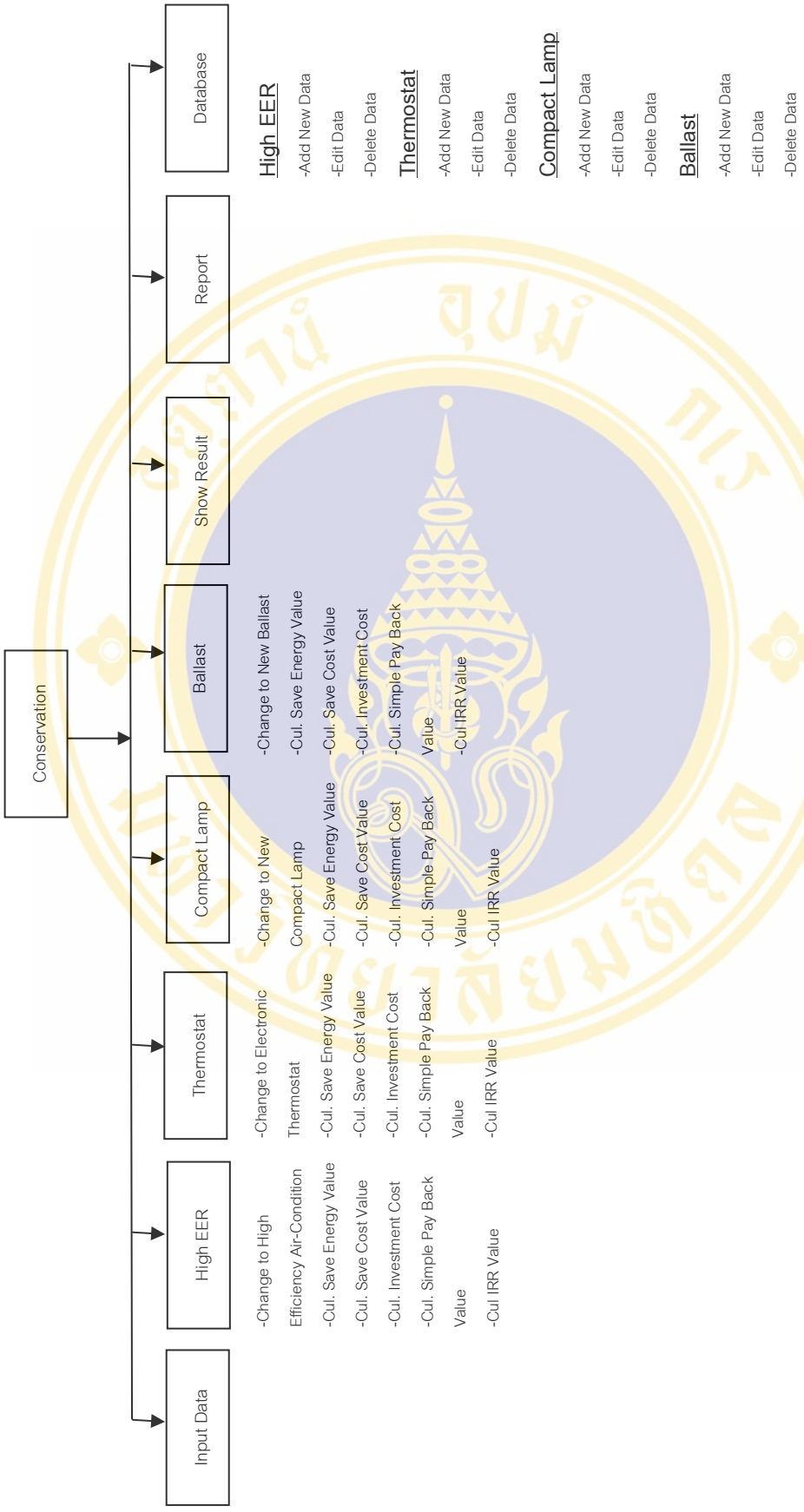


Figure 4.24 The Structure Chart of Energy Analysis Program : Conservation

Copyright by Mahidol University

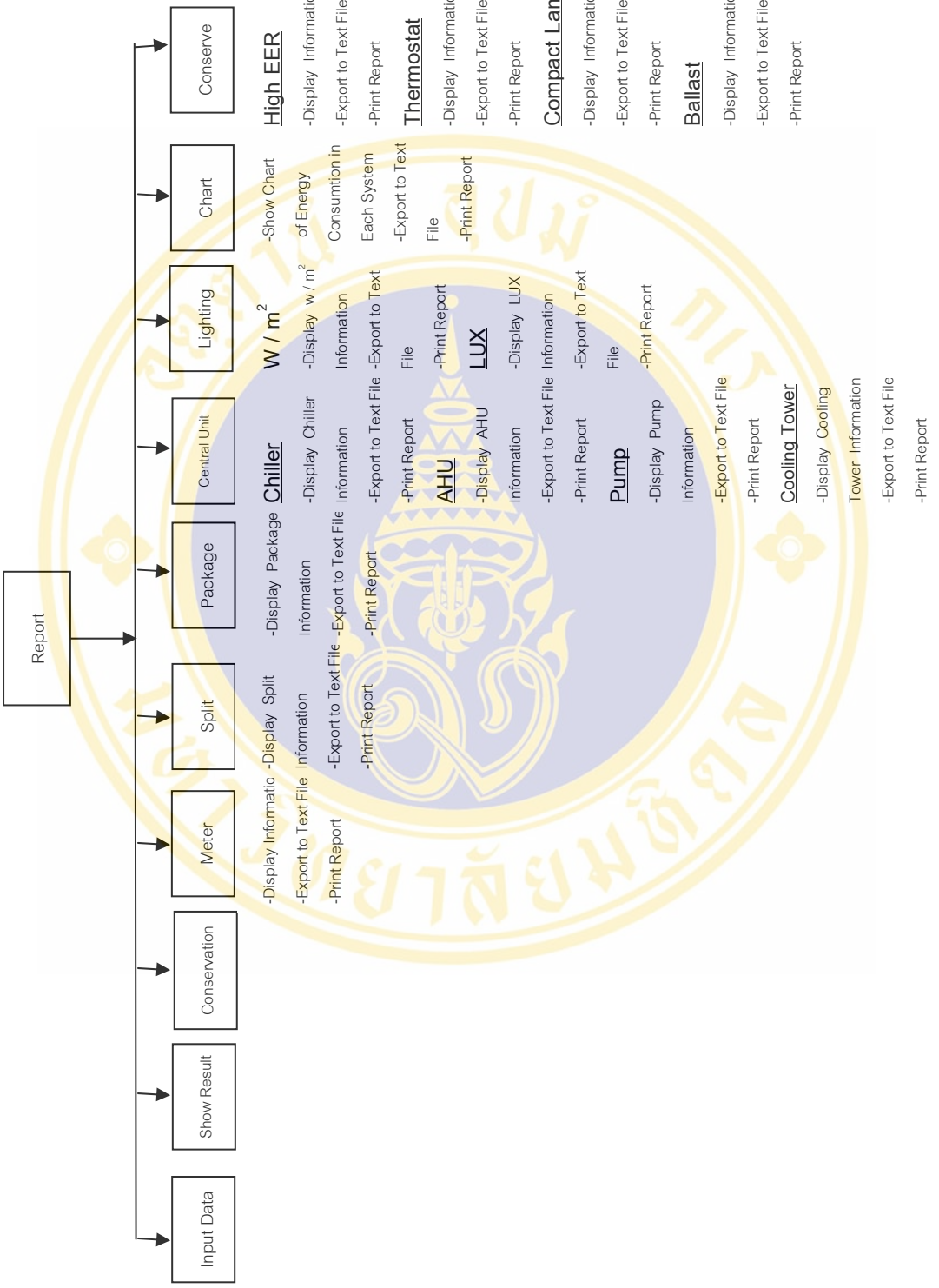


Figure 4.25 The Structure Chart of Energy Analysis Program : Report

Copyright by Mahidol University

4.6 Evaluation

The evaluation of the program has been performed by evaluation of user's satisfaction, by filling a questionnaire after they have used the program. The decoding criteria value of evaluation was show in table 4.36 and the results of the evaluation were was show in table 4.37

Table 4.36 The Decoding Criteria Value of Evaluation

Domain value	Meaning
0.0-1.99	less satisfied opinion
2.00-2.79	moderate satisfied opinion
2.80-3.59	high satisfied opinion
3.60-4.00	highest satisfied opinion

Table 4.37 The Results of The Evaluation

Considered Issues	Excellent		Good		Fair		Poor		Mean	Satisfaction
	N	%	N	%	N	%	N	%		
1 Easy to Understand	6	30	14	70	-	-	-	-	3.30	high
2 Easy of Use	2	10	15	75	3	15	-	-	2.95	high
3 Speed of Execution	2	10	16	80	2	10	-	-	3.00	high
4 Correctness	2	10	18	90	-	-	-	-	3.10	high
5 Data Search	2	10	15	75	3	15	-	-	2.95	high
6 Adequacy of Report	-	-	18	90	2	10	-	-	2.90	high
7 Flexibility	-	-	16	80	4	20	-	-	2.80	high
8 Decrease Error	6	30	14	70	-	-	-	-	3.30	high
9 Decrease Working Time	4	20	16	80	-	-	-	-	3.20	high
10 Decrease Working Force	4	20	16	80	-	-	-	-	3.20	high
Total	28	14	158	79	14	7	-	-	3.07	

Copyright by Mahidol University

According to table 4.37 the results of the evaluation, 14.00% of the users felt that it was excellent, 79.00% of the users felt that it was good, 7.00% of the users felt that it was fair, and Mean 3.07, For each evaluation considered issues, the user's satisfaction is as following:

Easy to Understand, 30.00% of the users felt that it was excellent, 70.00% of the users felt that it was good, and Mean 3.30, user were satisfied to a high level.

Easy of Use, 10.00% of the users felt that it was excellent, 75.00% of the users felt that it was good, 15.00% of the users felt that it was fair, and Mean 2.95, user were satisfied to a high level.

Speed of Execution, 10.00% of the users felt that it was excellent, 80.00% of the users felt that it was good, 10.00% of the users felt that it was fair, and Mean 3.00, user were satisfied to a high level.

Correctness, 10.00% of the users felt that it was excellent, 90.00% of the users felt that it was good, and Mean 3.10, user were satisfied to a high level.

Data Search, 10.00% of the users felt that it was excellent, 75.00% of the users felt that it was good, 15.00% of the users felt that it was fair, and Mean 2.95, user were satisfied to a high level.

Adequacy of Report, 90.00% of the users felt that it was good, 10.00% of the users felt that it was fair, and Mean 2.90, user were satisfied to a high level.

Flexibility, 80.00% of the users felt that it was good, 20.00% of the users felt that it was fair, and Mean 2.80, user were satisfied to a high level.

Decrease Error, 30.00% of the users felt that it was excellent, 70.00% of the users felt that it was good, and Mean 3.30, user were satisfied to a high level.

Decrease Working Time, 20.00% of the users felt that it was excellent, 80.00% of the users felt that it was good, and Mean 3.20, user were satisfied to a high level.

Decrease Working Force, 20.00% of the users felt that it was excellent, 80.00% of the users felt that it was good, and Mean 3.20, user were satisfied to a high level.

Copyright by Mahidol University

Result of tester satisfaction shows by using radar chart below.

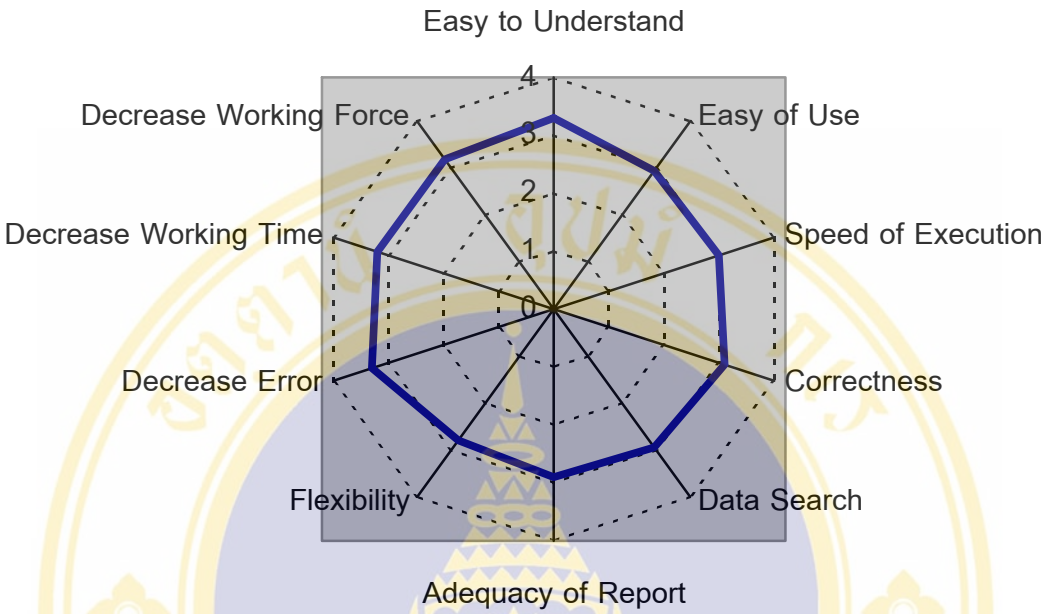


Figure 4.26 The Radar Chart of Tester Satisfaction

Copyright by Mahidol University

CHAPTER V
DISCUSSION

The objective of this study is developing the application program for energy consumption analysis of air conditioning systems and lighting systems in buildings. The system development life cycle (SDLC) was the framework of this study. It was consists of 7 step: finding use requirements, system analysis and design, development of software, testing, evaluation, conclusion, and documentation.

The aim of this chapter is to discuss problems and their solutions in this study. At the end, the advantages and disadvantage of Energy Consumption Analysis Program are discussed.

In the system analysis and design phase, data of energy audit have several type of recording; depend on each registered consultant who will design it The different input data happen from each registered consultant. Using standard, criteria as prescribed in the Ministerial Regulations, can solve this problem.

In the implementation phase, in the part of interface, the result of some functions display several information. Therefore the system requires large and many display areas. Some monitors and display cards can not handle. The required resolution is at least 1024x768.

There are many advantages of Energy Consumption Analysis Program as following:

- To enhance the potential of working that serve on effective report to be more convenience, accuracy as well as saving the time for officials
- To be equipment for mind decision to invest on changing the low-potential equipment into high-potential equipment. The program will consider its one by one so that testing process will be conducted in order to adapt it more effective and worth for investment

However, some disadvantages of Energy Consumption Analysis Program are found and discussed as following:

Copyright by Mahidol University

- This program is able to consumption energy analyze the building one by one; each database for a building. The database can not be used together. It will make space overload on database if they conduct consumption energy analysis in many buildings.
- The report is to export data from the database that can not change and edit on the report, however it can export file into HTML File and Text File. This makes inconvenience time during working do not like Excel File. During do the research, Data Report of Microsoft Visual Basic 6.0 can not export file into Excel File.

Copyright by Mahidol University

CHAPTER VI
CONCLUSION AND RECOMMENDATION

6.1 Conclusion

The objective of this study is developing the application program for energy consumption analysis of air conditioning systems and lighting systems in buildings. The system development life cycle (SDLC) was the framework of this study. It was consists of 7 step: finding use requirements, system analysis and design, development of software, testing, evaluation, conclusion, and documentation

This application program was developed by using Microsoft Access 2000 for designing and creating relational database, Microsoft Visual Basic 6.0 Service Pack 5 for coding and graphic user interface on Window XP operation system.

The program works in 4 major process as follows;

- **Input Data** : In this process is to input data from the survey, testing on lighting systems and air conditioning systems into the program
- **Show Result** : In this process is to show a details of testing and energy consumption analysis in each system by present in form of graphs and tables
- **Energy Conservation**: In this process is to adjust the low potential lighting or under standard of Ministerial Regulations into high potential lighting including analyze the value of economic on business
- **Reporting** : In this process is to do the testing report and energy consumption analysis in each system and equipment

The working process of program is quick, convenient and accesses the thorough result calculation. There are obviously separate works that can select the working process, as they require without any complex. The mistake can be canceled, retrieved or edit on every process.

Copyright by Mahidol University

6.2 Recommendation

To increase the usefulness of the Energy Consumption Analysis Program, the recommendations for further development are as follows:

- ❖ Add a module for create Data Check List in order to access input data that relevant with the program
- ❖ Add a module for calculate the overall thermal transfer value (OTTV) and the roof thermal transfer value (RTTV)
- ❖ Enforce standard on energy conservation to be cover all equipment
- ❖ The report , come from program should develop to be able to improve by Microsoft Word or Microsoft Excel

Copyright by Mahidol University

REFERENCES

1. Hansen GW, James V. Database Management and Design. 2nd ed. Prentice-Hall, 1992.
2. Roger S. Pressman. Software Engineering A Practitioner's Approach . 5nd ed. Singapore: McGraw-Hill, 2001.
3. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ว่าด้วยกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการอนุรักษ์พลังงานในอาคารควบคุม) : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม , 2535.
4. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . กฎกระทรวง ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ว่าด้วยกำหนดแบบและระยะเวลาการส่งข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงานและกำหนดหลักเกณฑ์และวิธีการบันทึกข้อมูลการใช้พลังงาน และการติดตั้งหรือการเปลี่ยนแปลงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีผลต่อการใช้พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน) : สำนักกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม , 2535.
5. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม . การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร : กองอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม , 2536.

Copyright by Mahidol University

6. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาห. Visual Basic 6 ฉบับโปรแกรมเมอร์. กรุงเทพฯ: หจก. ไทยเจริญการพิมพ์, 2542.

7. กิตติ ภักดีวัฒนะกุล, จำลอง ครูอุตสาห. Visual Basic 6 ฉบับฐานข้อมูล. กรุงเทพฯ: หจก. ไทยเจริญการพิมพ์, 2542.

8. พุฒิกานต์ เอารัตน์. การประหยัดพลังงานในอาคารสำนักงานใหญ่บริษัทปูนซิเมนต์ไทย จำกัด (มหาชน) : ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2543.

9. ศรัณย์ อุดรการ. การพัฒนาโปรแกรมการวิเคราะห์สมรรถนะเชิงความร้อนของกรอบอาคารและหลังคา : ภาควิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2540.

10. ศุลี บรรจงจิตร. วิศวกรรมการส่องสว่าง. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2542.

Copyright by Mahidol University

APPENDIX

Copyright by Mahidol University

USER MANUAL

1. ข้อกำหนดของโปรแกรม

- ใช้กับระบบปฏิบัติการ Windows XP
- ต้องใช้ความละเอียดของจอภาพ 1024×768 ขึ้นไป
- หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์มากกว่า 16 MB ขึ้นไป

2. การติดตั้งโปรแกรม

- ใส่แผ่น CD ที่เป็นแผ่นติดตั้ง เข้าไปในเครื่องอ่าน CD-ROM
- คลิกเพื่อเลือกไฟล์ชื่อ setup.exe
- ดำเนินการตามคำสั่งในการติดตั้งที่ปรากฏบนหน้าจอ

ถ้ามีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นระหว่างการติดตั้ง ผู้ใช้โปรแกรมควรจะยกเลิกการติดตั้งเสียก่อน จึงดำเนินการติดตั้งโปรแกรมใหม่อีกครั้ง

3. การยกเลิกการติดตั้ง

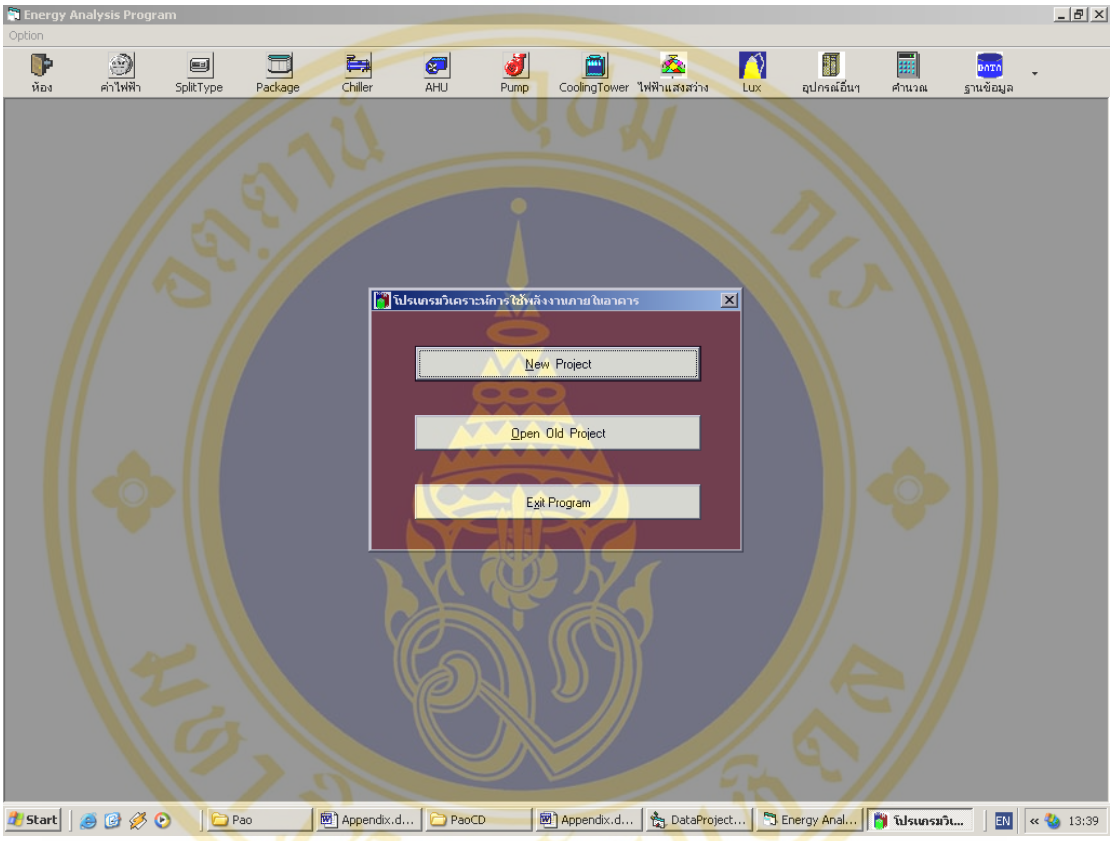
- จากเมนู “Start” ของ WINDOWS ให้เลือกเมนู “Setting” หลังจากนั้นเลือกเมนู “Control panel”
- เลือก “Add or Remove Program” ในเมนู “Control panel”
- เลือกโปรแกรมที่ต้องการยกเลิก จากนั้นคลิกที่ปุ่ม “Change/Remove”

หลังจากที่ยกเลิกโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ไฟล์ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมและโปรแกรมจะถูกลบออกจาก Hard disk

Copyright by Mahidol University

4. การใช้งานโปรแกรม

การเรียกใช้งานโปรแกรมทำได้โดยคลิกปุ่ม Start->Programs->Energy Analysis Program ระบบจะแสดงหน้าจอเมนูหลักขึ้นมา



หน้าจอแรกของโปรแกรม

- **“New Project”** คลิกเมื่อต้องการสร้างProject ใหม่
- **“Open Old Project”** คลิกเมื่อต้องการเปิดProject เก่า
- **“Exit Program”** คลิกเมื่อต้องการออกจากProgram

Copyright by Mahidol University

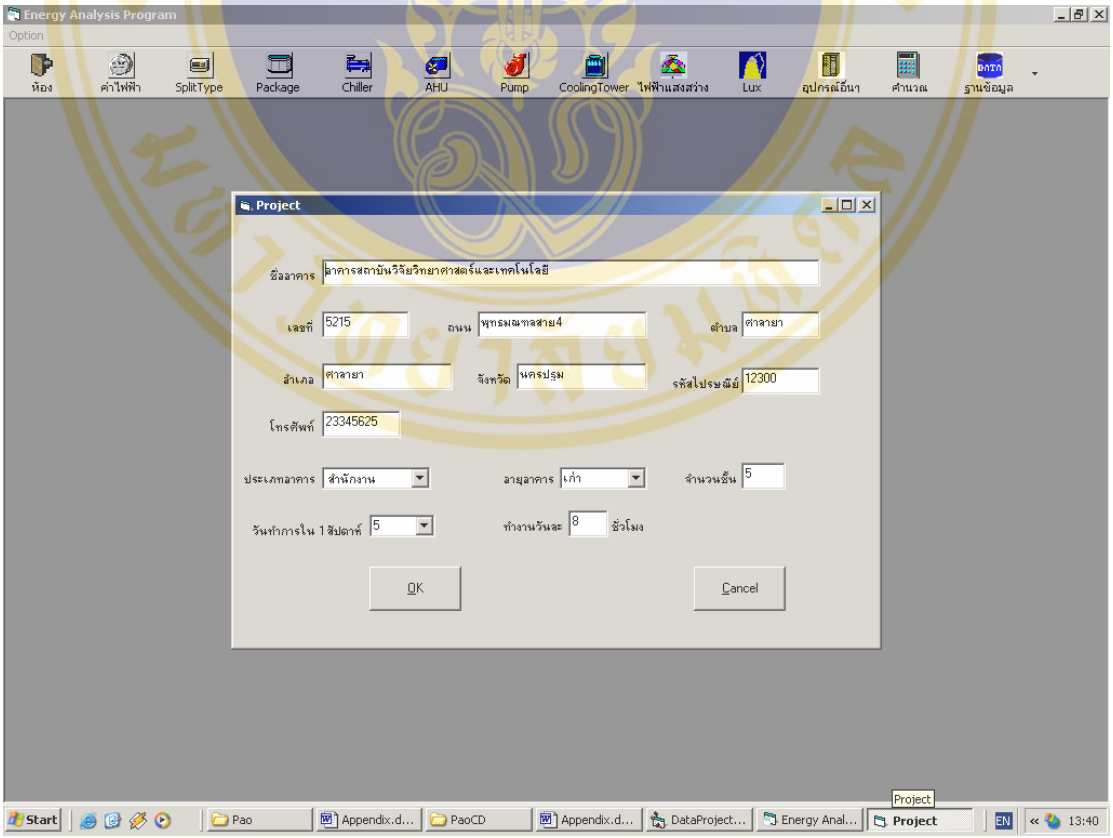
ในการทำงานของโปรแกรมจะแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนหลักๆ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐาน การทำงานเริ่มที่เมนูหลัก"**ป้อนข้อมูล**" เพื่อนำข้อมูลที่มาจากการสำรวจ ตรวดวัดค่าต่างๆ มาป้อนลงโปรแกรม ซึ่งประกอบด้วยเมนูย่อย 14 เมนู คือ

1.1 **เมนูย่อย** "**อาคาร**" ป้อนข้อมูลของอาคารที่ทำการวัด (เริ่มต้นโปรแกรม)

- ชื่ออาคาร
- ที่อยู่
- ประเภทอาคาร
- ความ เก่า/ใหม่ ของอาคาร
- จำนวนชั้น
- จำนวนวันทำการใน 1 สัปดาห์
- จำนวนชั่วโมงทำการใน 1 วัน

❖ เมื่อต้องการป้อนข้อมูลในช่องถัดไป ให้กดปุ่มEnter หรือใช้เมาส์คลิกที่ช่องนั้นๆ



หน้าจอป้อนข้อมูลอาคาร

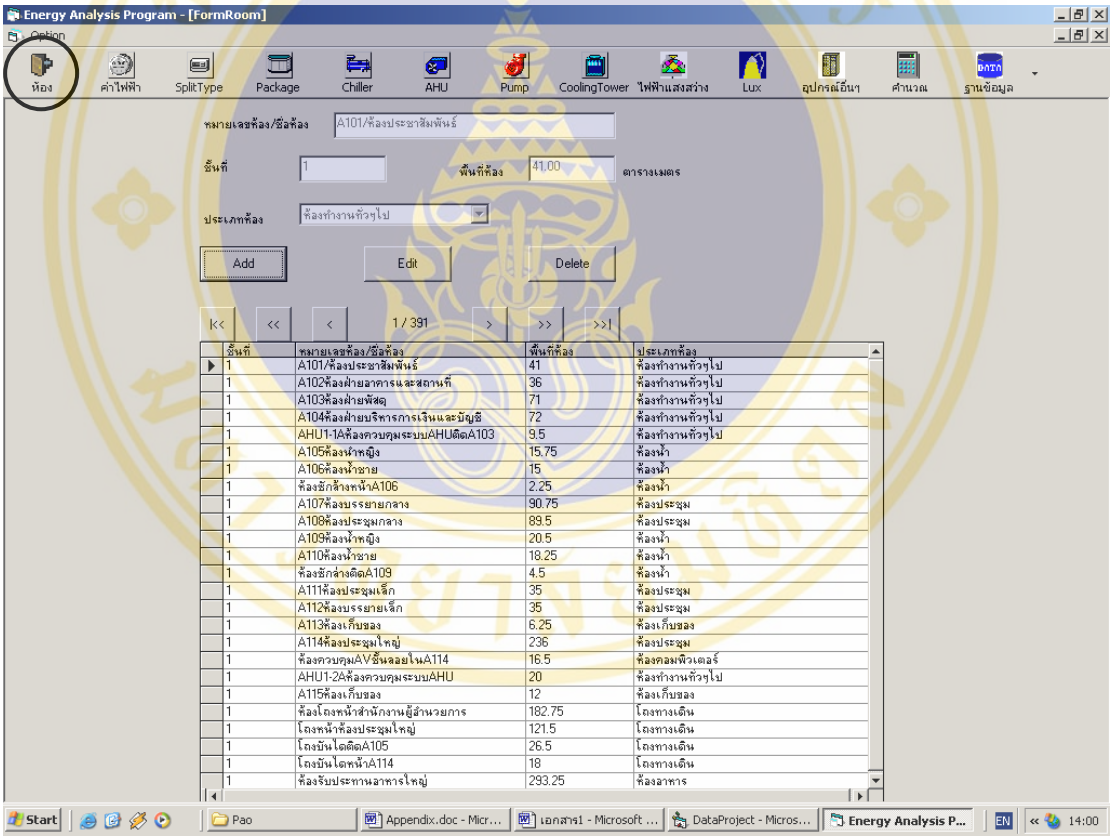
Copyright by Mahidol University

1.2 **เมนูย่อย "ห้อง"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของห้องต่างๆในอาคารที่ทำการวัด

- ชื่อห้อง/หมายเลขห้อง
- ชั้น
- พื้นที่
- ประเภทห้อง

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|



หน้าจอป้อนข้อมูลห้อง

Copyright by Mahidol University

1.3 **เมนูย่อย "ค่าไฟฟ้า"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารในแต่ละเดือนจากบิลใบเสร็จ

อัตราปกติ

- เดือน
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้(kWh)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุด(kW)
- ค่าไฟฟ้ารวม

ถ้าอัตราค่าไฟฟ้าเป็นประเภท TOU หรือ TOD ที่ไม่ใช้อัตราปกติ ให้เปลี่ยนประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าก่อน โดยคลิกเมนู **Option->อัตราค่าไฟ->TOU/TOD**

อัตราTOU

- เดือน
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้(kWh)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดOnPeak(kW)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดOffPeak(kW)
- ค่าไฟฟ้ารวม

อัตราTOD

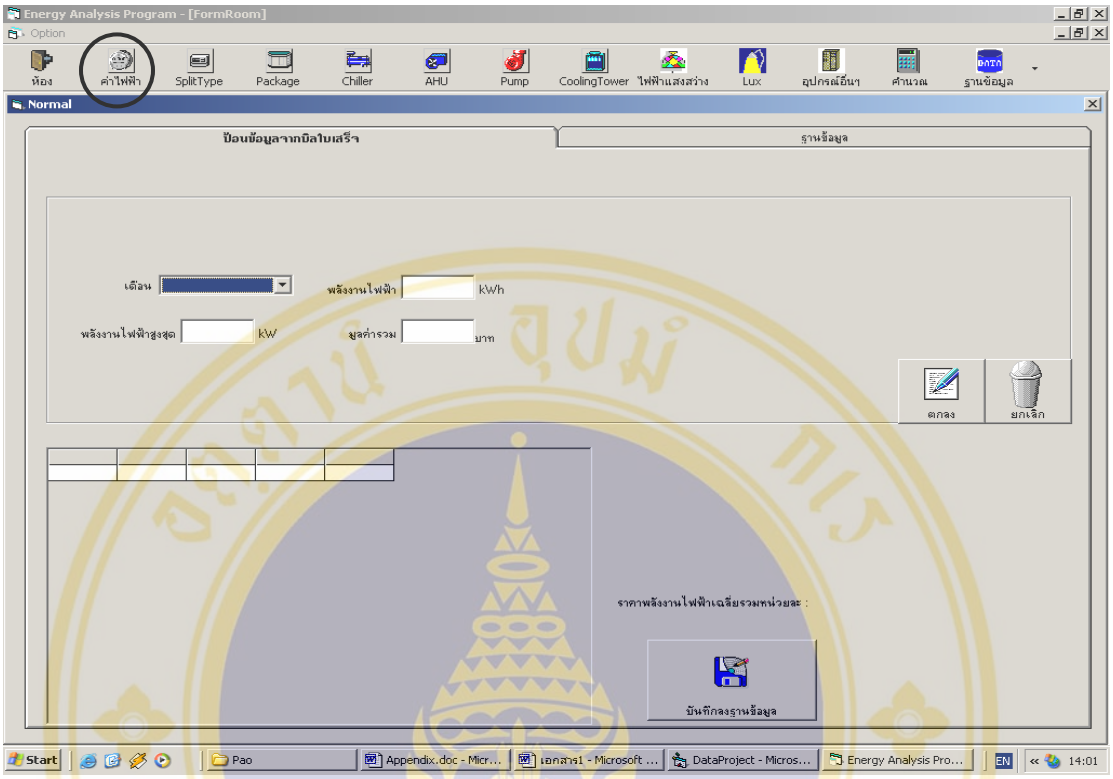
- เดือน
- พลังงานไฟฟ้าที่ใช้(kWh)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดOnPeak(kW)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดOffPeak(kW)
- ค่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดPartialPeak(kW)
- ค่าไฟฟ้ารวม

❖ เมื่อป้อนข้อมูลในแต่ละเดือนเสร็จ คลิกที่ปุ่ม **ตกลง** ระบบจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยรวมต่อหน่วย พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดไว้ที่ตารางข้างล่าง

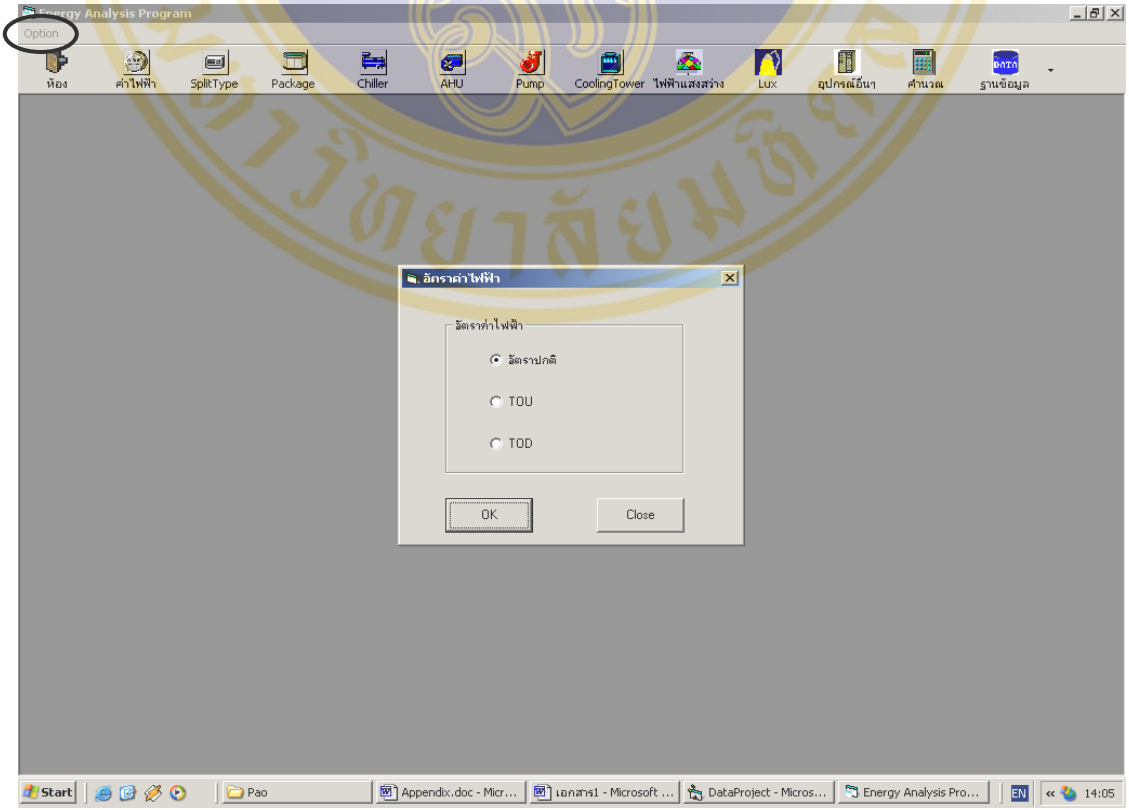
❖ ถ้าต้องการยกเลิกหรือแก้ไขข้อมูลในตาราง ให้ดับเบิ้ลคลิกที่รายการนั้นบนตาราง รายการดังกล่าวก็จะถูกลบโดยอัตโนมัติ และข้อมูลของเดือนดังกล่าว จะย้อนกลับไปแสดงข้อมูลที่คอนโทรลแต่ละตัว

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกเดือนแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม **บันทึกลงฐานข้อมูล** เพื่อบันทึกค่าทั้งหมดลงฐานข้อมูล

Copyright by Mahidol University



หน้าจอป้อนข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า



หน้าจอเลือกประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

Copyright by Mahidol University

1.4 **เมนูย่อย "เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน/ติดหน้าต่าง"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน หรือ แบบติดหน้าต่าง ที่ได้ทำการตรวจวัด

- ชื่อห้อง/หมายเลขห้อง
- หมายเลขเครื่อง
- ยี่ห้อ,รุ่น,พิกัดความเย็น
- ประเภทเครื่องปรับอากาศ
- ลักษณะการติดตั้ง
- ชนิดเทอร์โมสตัท
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- ความยาว / ความกว้างของหน้ากากลม
- ความเร็วลมผ่านหน้ากากลม
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลมเข้าคอยล์เย็น
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลมออกจากคอยล์เย็น
- อุณหภูมิลมเข้าคอยล์ร้อน
- แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ตัวประกอบกำลัง(ขณะคอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุด)
- ระยะเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงาน 3 รอบการทำงาน

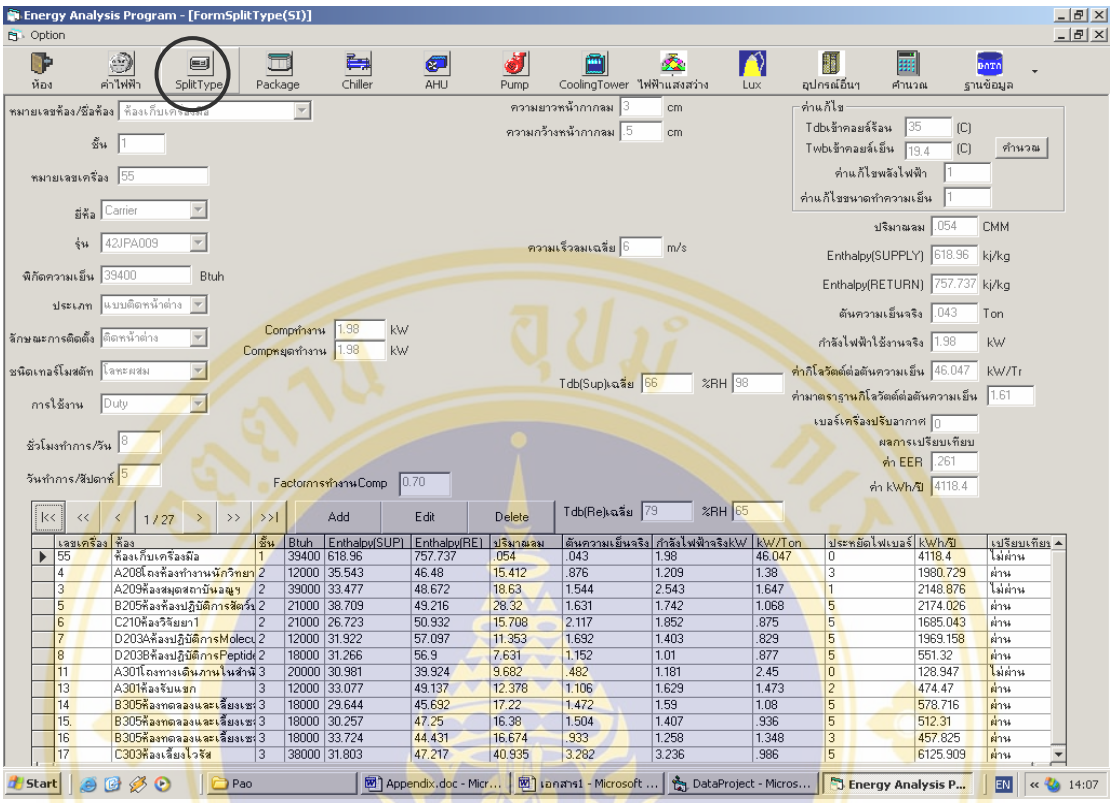
❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

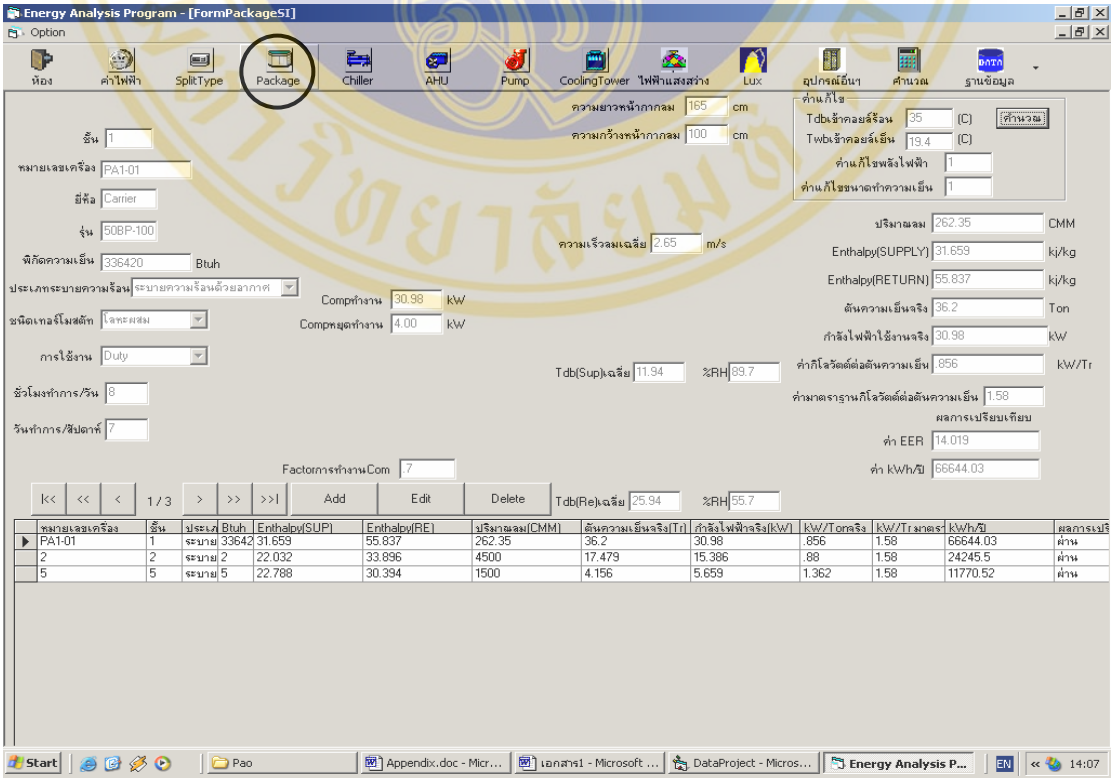
❖ เมื่อป้อนข้อมูล Tdbเข้าคอยล์ร้อน และ Twbเข้าคอยล์เย็นแล้ว ให้คลิกปุ่ม **คำนวณ** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าแก้ไขพลังงานไฟฟ้า และ ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็น

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ปริมาณลม, Enthalpyลมเข้าคอยล์เย็น, Enthalpyลมออกคอยล์เย็น, ตันความเย็นจริง, กำลังไฟฟ้าใช้งานจริง, กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น, เบอร์เครื่องปรับอากาศ, ผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐาน, ค่าEER, พลังงานที่ใช้ต่อปี

Copyright by Mahidol University



หน้าจอป้อนข้อมูลระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน/ติดหน้าต่าง



หน้าจอป้อนข้อมูลระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด

Copyright by Mahidol University

1.5 **เมนูย่อย "เครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุดที่ได้ทำการตรวจวัด

- ชั้น
- หมายเลขเครื่อง
- ยี่ห้อ,รุ่น,พิกัดความเย็น
- ประเภทระบายความร้อน
- ชนิดเทอร์โมสตัท
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- ความยาว / ความกว้างของหน้ากากลม
- ความเร็วลมผ่านหน้ากากลม
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลมเข้าคอยล์เย็น
- อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ลมออกจากคอยล์เย็น
- อุณหภูมิลมเข้าคอยล์ร้อน
- แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ตัวประกอบกำลัง(ขณะคอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุด)
- ระยะเวลาที่คอมเพรสเซอร์ทำงานและหยุดทำงาน 3 รอบการทำงาน

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูล Tdbเข้าคอยล์ร้อน และ Twbเข้าคอยล์เย็นแล้ว ให้คลิกปุ่ม **คำนวณ** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าแก้ไขพลังงานไฟฟ้า และ ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็น

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ปริมาณลม, Enthalpyลมเข้าคอยล์เย็น, Enthalpyลมออกคอยล์เย็น, ตันความเย็นจริง, กำลังไฟฟ้าใช้งานจริง, กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น, เบอร์เครื่องปรับอากาศ, ผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐาน, ค่าEER, พลังงานที่ใช้ต่อปี

Copyright by Mahidol University

1.6 **เมนูย่อย "เครื่องทำน้ำเย็น"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของเครื่องทำน้ำเย็น ที่ได้ทำการตรวจวัด

- ชั้น
- หมายเลขเครื่อง
- ยี่ห้อ,รุ่น,พิกัดความเย็น
- ประเภทระบายความร้อน
- ชนิดคอมเพรสเซอร์
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- อุณหภูมิน้ำเย็นเข้าออก
- อัตราไหลน้ำเย็น
- อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าออก และอัตราไหลน้ำระบายความร้อน
- อุณหภูมิอากาศระบายความร้อนเข้าเครื่องสำหรับแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ
- แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ตัวประกอบกำลัง

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

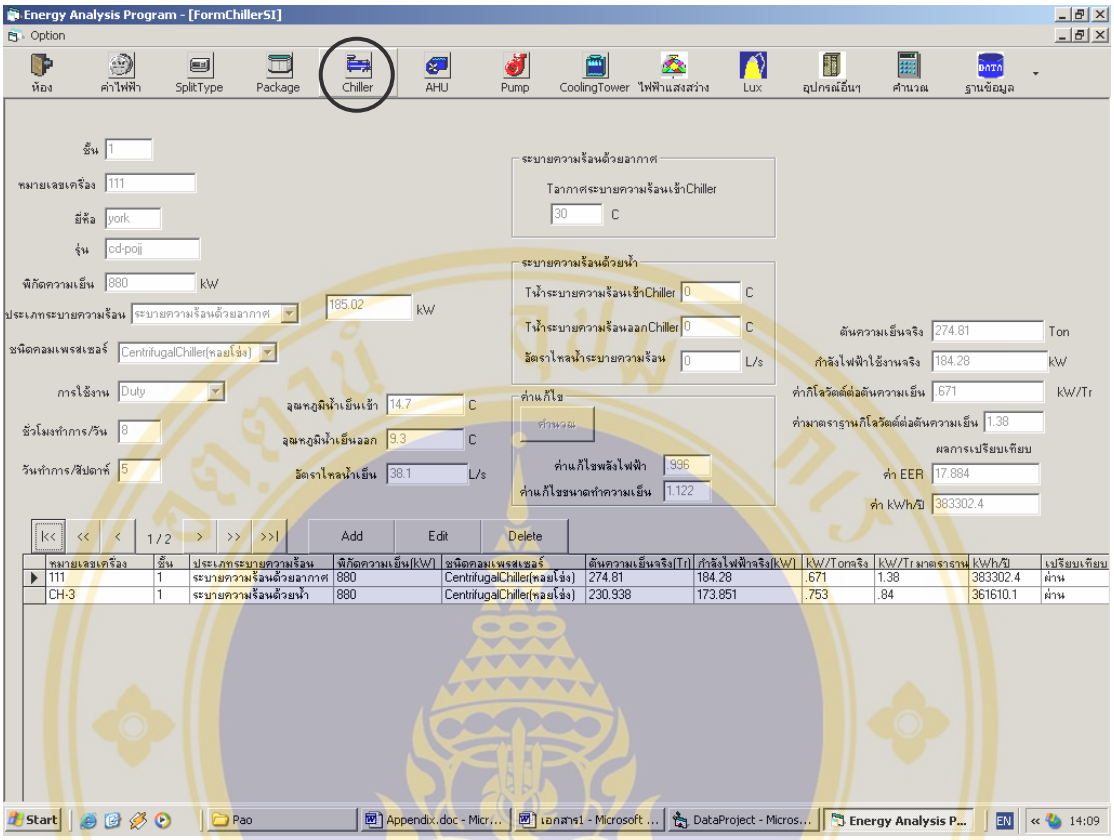
❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม **|<< , << , < , >> , > , >>|**

❖ เมื่อป้อนข้อมูล อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้า อุณหภูมิน้ำระบายความร้อนออก และอัตราไหลน้ำระบายความร้อนแล้ว (สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ)ให้คลิกปุ่ม **คำนวณ** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าแก้ไขพลังงานไฟฟ้า และ ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็น

❖ เมื่อป้อนข้อมูล อุณหภูมิอากาศระบายความร้อนเข้าเครื่องทำน้ำเย็น (สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ)ให้คลิกปุ่ม **คำนวณ** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าแก้ไขพลังงานไฟฟ้า และ ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็น

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ตันความเย็นจริง, กำลังไฟฟ้าใช้งานจริง, กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น, ผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐาน, ค่าEER, พลังงานที่ใช้ต่อปี

Copyright by Mahidol University



หน้าจอป้อนข้อมูลเครื่องทำน้ำเย็น

Copyright by Mahidol University

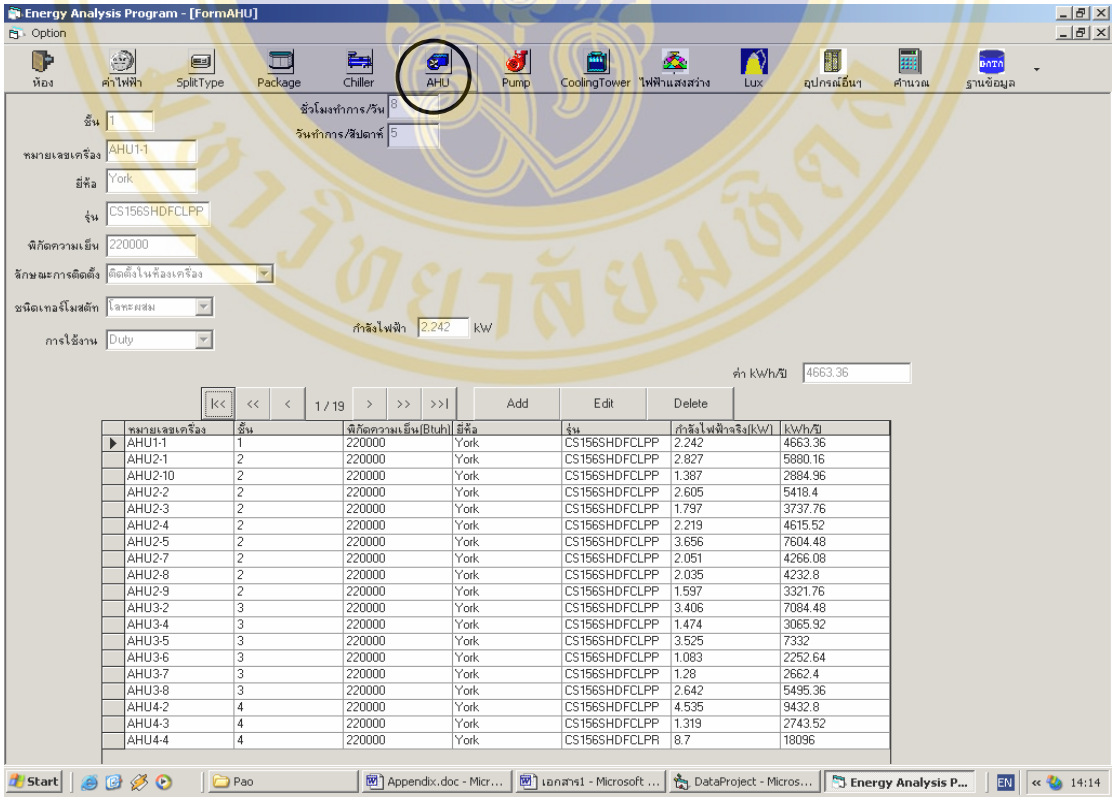
1.7 **เมนูย่อย "เครื่องส่งลมเย็น"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของเครื่องส่งลมเย็น ที่ได้ทำการตรวจวัด

- ชั้น
- หมายเลขเครื่อง
- ยี่ห้อ,รุ่น,พิกัดความเย็น
- ลักษณะการติดตั้ง
- ชนิดเทอร์โมสตัท
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ตัวประกอบกำลัง

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี



หน้าจอป้อนข้อมูลเครื่องส่งลมเย็น

Copyright by Mahidol University

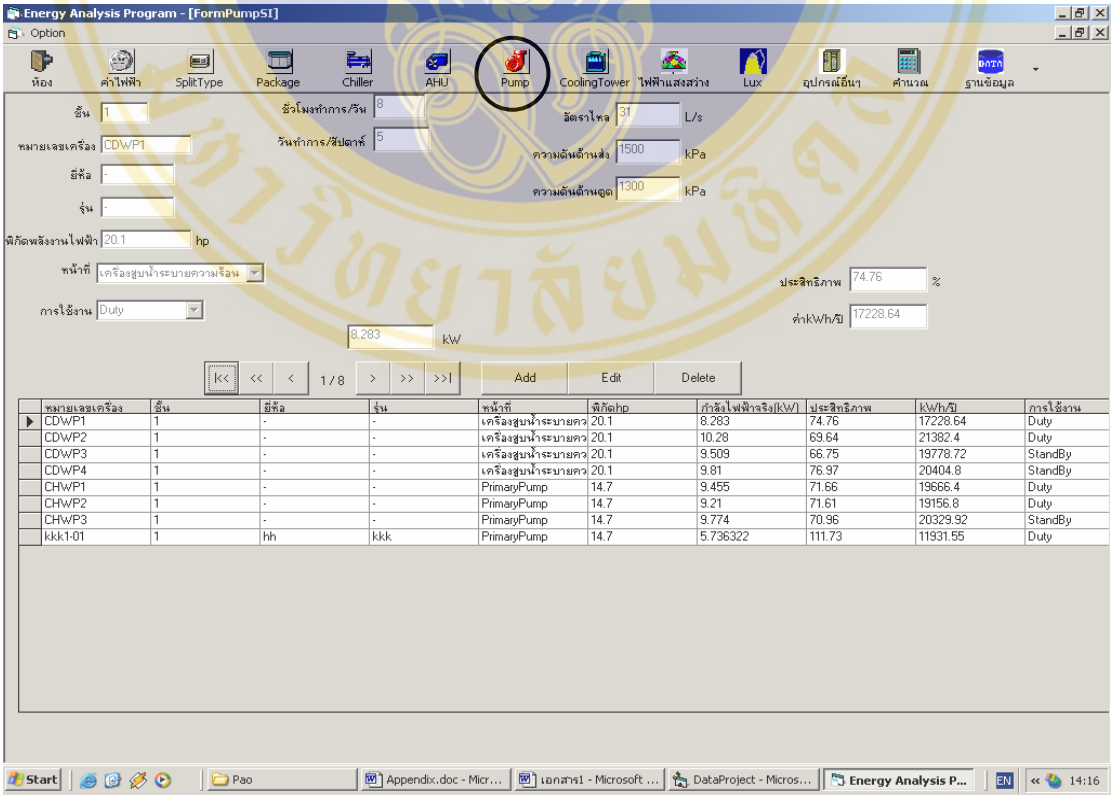
1.8 **เมนูย่อย "เครื่องสูบน้ำ"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของเครื่องสูบน้ำ ที่ได้ทำการตรวจวัด

- ชั้น
- หมายเลขเครื่อง
- ยี่ห้อ,รุ่น,พิกัด
- อัตราไหล
- ความดันด้านดูดและส่ง
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ตัวประกอบกำลัง

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ประสิทธิภาพเครื่องสูบน้ำ, ค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี



หมายเลขเครื่อง	ชั้น	ยี่ห้อ	รุ่น	หน้าที่	พิกัดhp	กำลังไฟฟ้าจริง(kW)	ประสิทธิภาพ	kWh/ปี	การใช้งาน
CDWP1	1	-	-	เครื่องสูบน้ำระบายคว	20.1	8.283	74.76	17228.64	Duty
CDWP2	1	-	-	เครื่องสูบน้ำระบายคว	20.1	10.28	69.64	21382.4	Duty
CDWP3	1	-	-	เครื่องสูบน้ำระบายคว	20.1	9.509	66.75	19778.72	StandBy
CDWP4	1	-	-	เครื่องสูบน้ำระบายคว	20.1	9.81	76.97	20404.8	StandBy
CHWP1	1	-	-	PrimaryPump	14.7	9.455	71.66	19666.4	Duty
CHWP2	1	-	-	PrimaryPump	14.7	9.21	71.61	19156.8	Duty
CHWP3	1	-	-	PrimaryPump	14.7	9.774	70.96	20329.92	StandBy
kkk1-01	1	hh	kkk	PrimaryPump	14.7	5.736322	111.73	11931.55	Duty

หน้าจอป้อนข้อมูลเครื่องสูบน้ำ

Copyright by Mahidol University

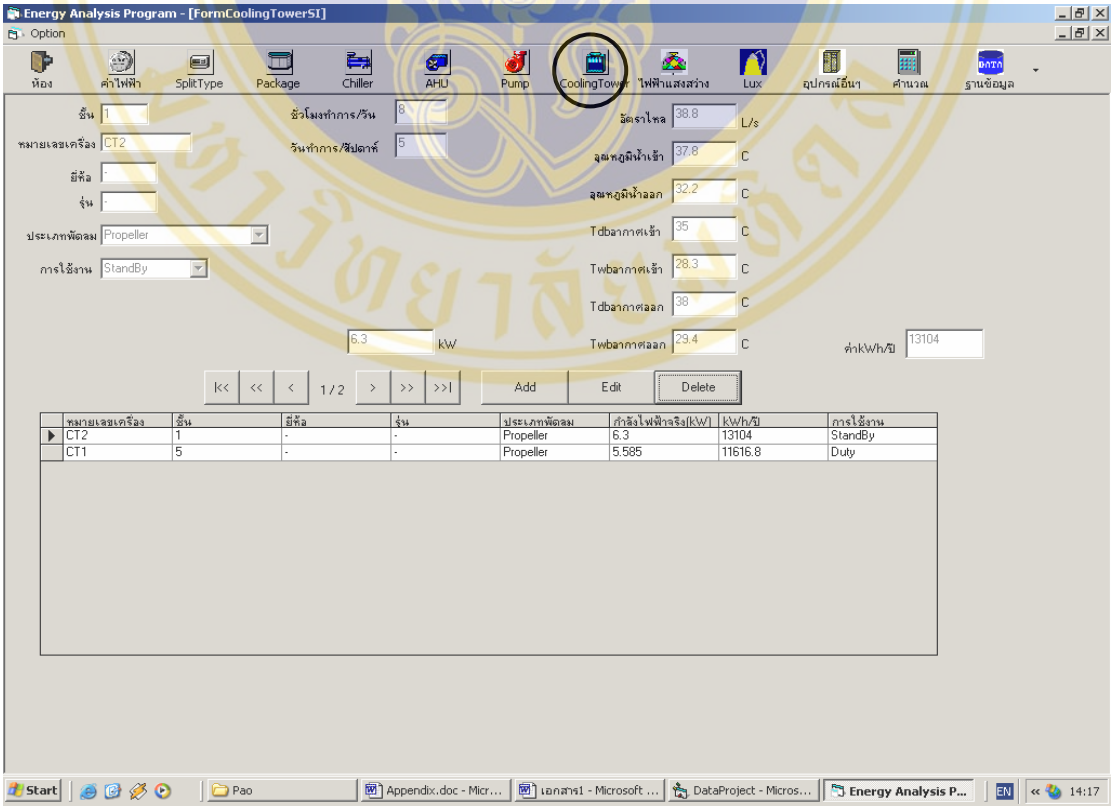
1.9 **เมนูย่อย "หอระบายความร้อน"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของหอระบายความร้อน ที่ได้ทำการตรวจ

- ชั้น
- หมายเลขเครื่อง
- ยี่ห้อ,รุ่น
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- แรงดันไฟฟ้า,กระแสไฟฟ้า,ตัวประกอบกำลัง
- อุณหภูมิน้ำเข้าออก และอัตราไหล
- อุณหภูมิกระเปาะเปียกและกระเปราะแห้งของอากาศเข้าออก

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี



หน้าจอป้อนข้อมูลหอระบายความร้อน

Copyright by Mahidol University

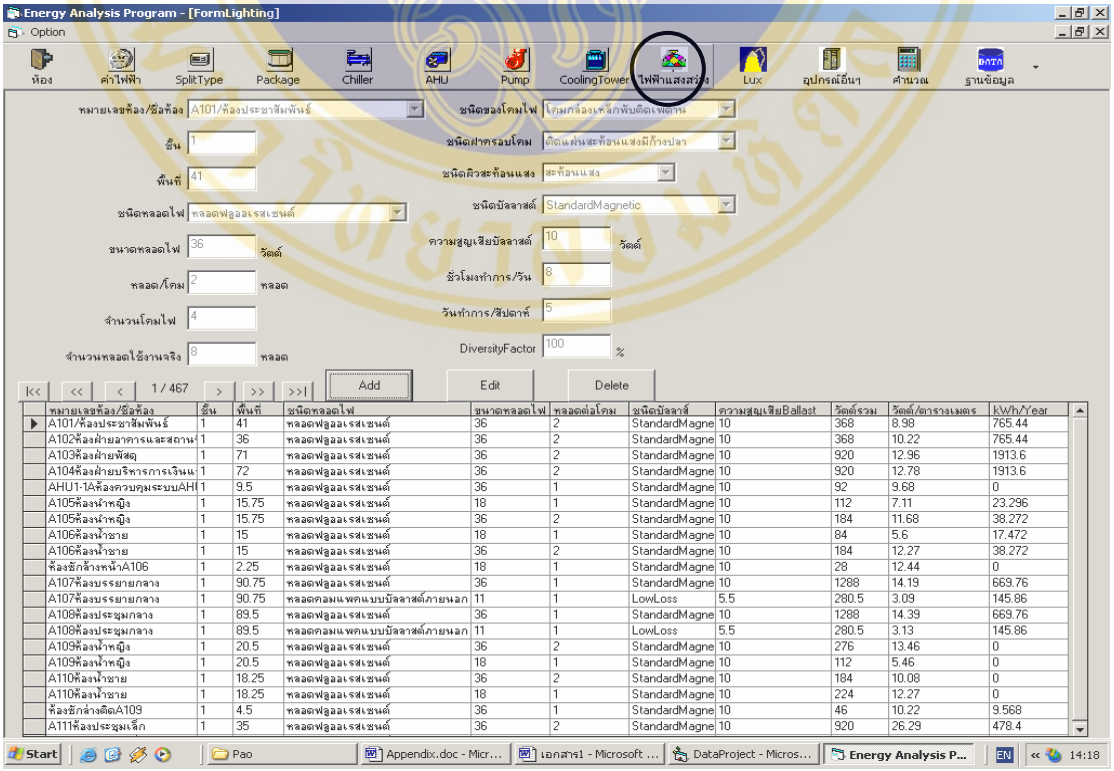
1.10 **เมนูย่อย "ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของหลอดไฟ ที่ได้ทำการตรวจวัด

- หมายเลขห้อง/ชื่อห้อง
- ชนิดหลอดไฟ
- ขนาดหลอดไฟ
- จำนวนหลอดต่อโคมและจำนวนโคม
- จำนวนหลอดไฟใช้งานจริง
- ชนิดโคมไฟและฝาครอบ
- ชนิดผิวสะท้อนแสง
- ชนิดบัลลาสต์
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK**



หน้าจอป้อนข้อมูลระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

Copyright by Mahidol University

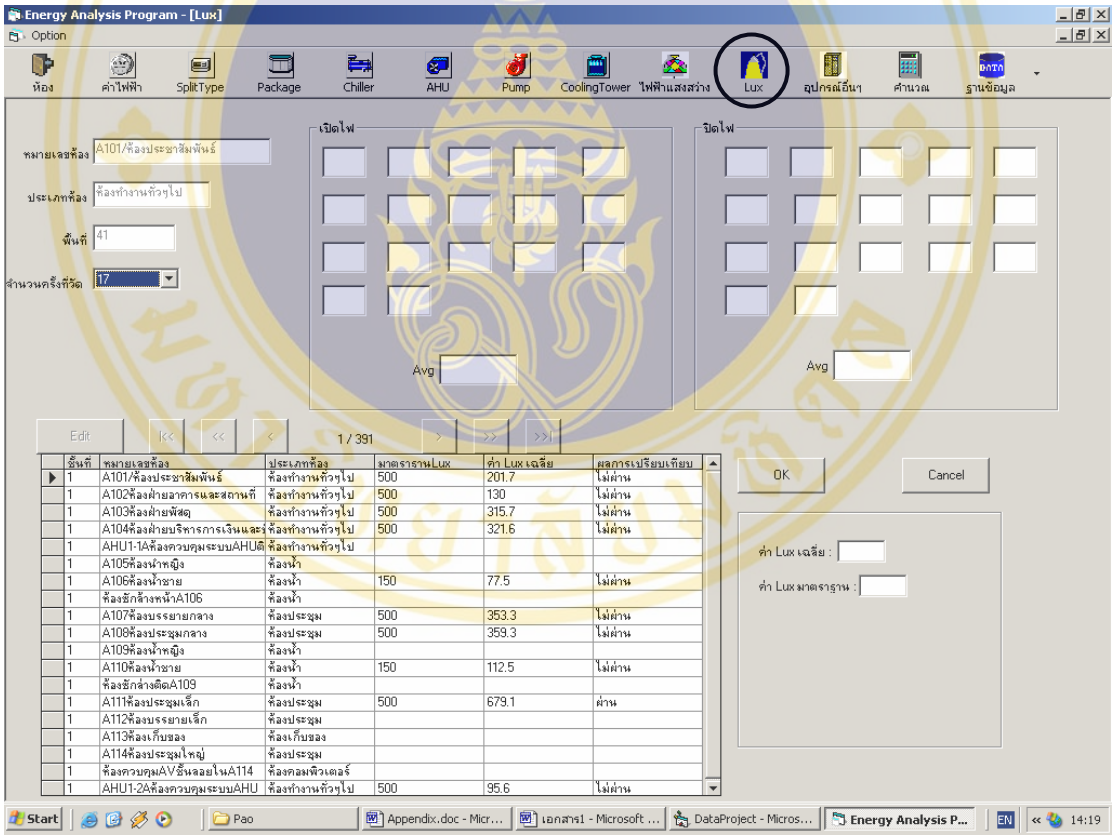
1.11 **เมนูย่อย "ค่าความส่องสว่าง"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลค่าความส่องสว่าง ที่ได้ทำการตรวจวัดในแต่ละห้อง

- จำนวนครั้งที่ทำการวัด
- ค่าความส่องสว่าง

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ คลิกที่ปุ่ม Edit เพื่อเพิ่มข้อมูลค่าความส่องสว่าง ในฐานข้อมูลห้องที่มีอยู่แล้ว

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย และผลการเปรียบเทียบกับค่ามาตราฐานในแต่ละห้อง



หน้าจอป้อนข้อมูลค่าความส่องสว่าง

Copyright by Mahidol University

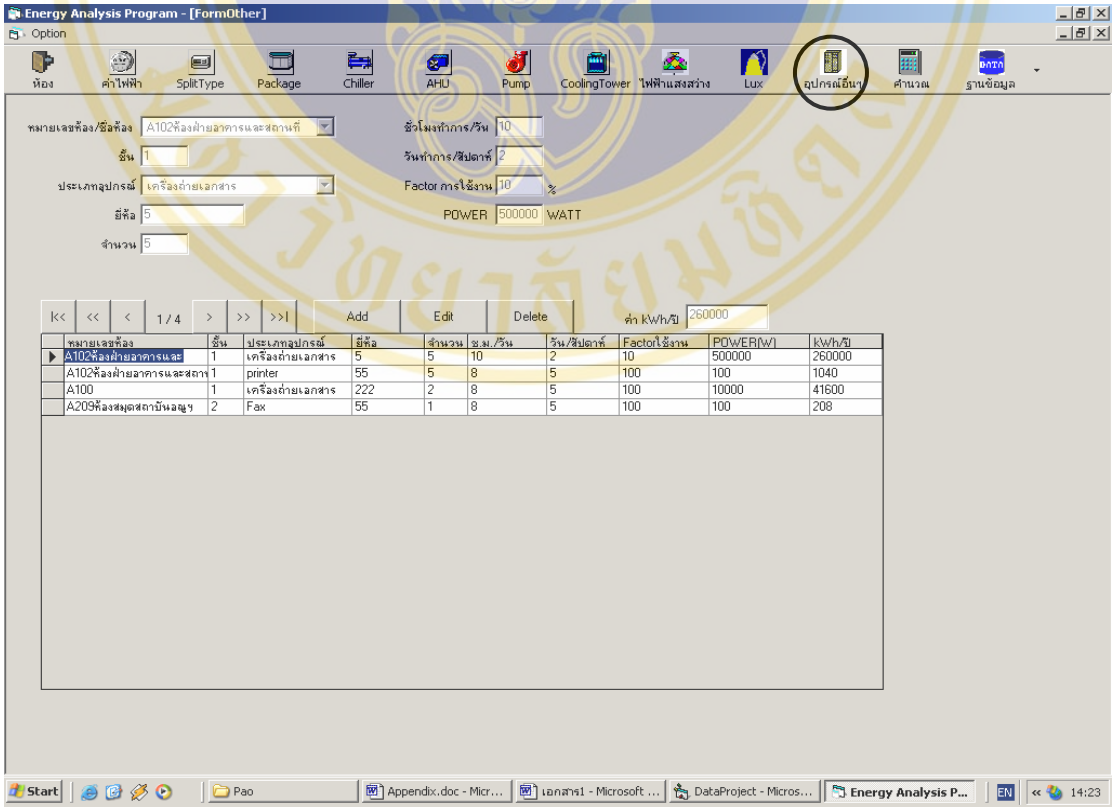
1.12 **เมนูย่อย "อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลของเครื่องส่งลมเย็น ที่ได้ทำการตรวจวัด

- หมายเลขห้อง/ชื่อห้อง
- ชนิดอุปกรณ์
- ยี่ห้อ
- จำนวน
- ชั่วโมงทำงานต่อวัน
- วันทำการต่อสัปดาห์
- Factor การใช้งาน
- พิกัดการใช้พลังงาน(Watt)

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลห้องในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณ ค่าพลังงานที่ใช้ต่อปี



หน้าจอป้อนข้อมูลอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

Copyright by Mahidol University

1.13 **เมนูย่อย "ฐานข้อมูล"** คลิกเมื่อต้องการเพิ่มเติม แก้ไข ค่าที่ใช้ในการคำนวณหรือตัวเลือกต่างๆในโปรแกรม ซึ่งมีทั้งหมด 13 ฟอร์ม

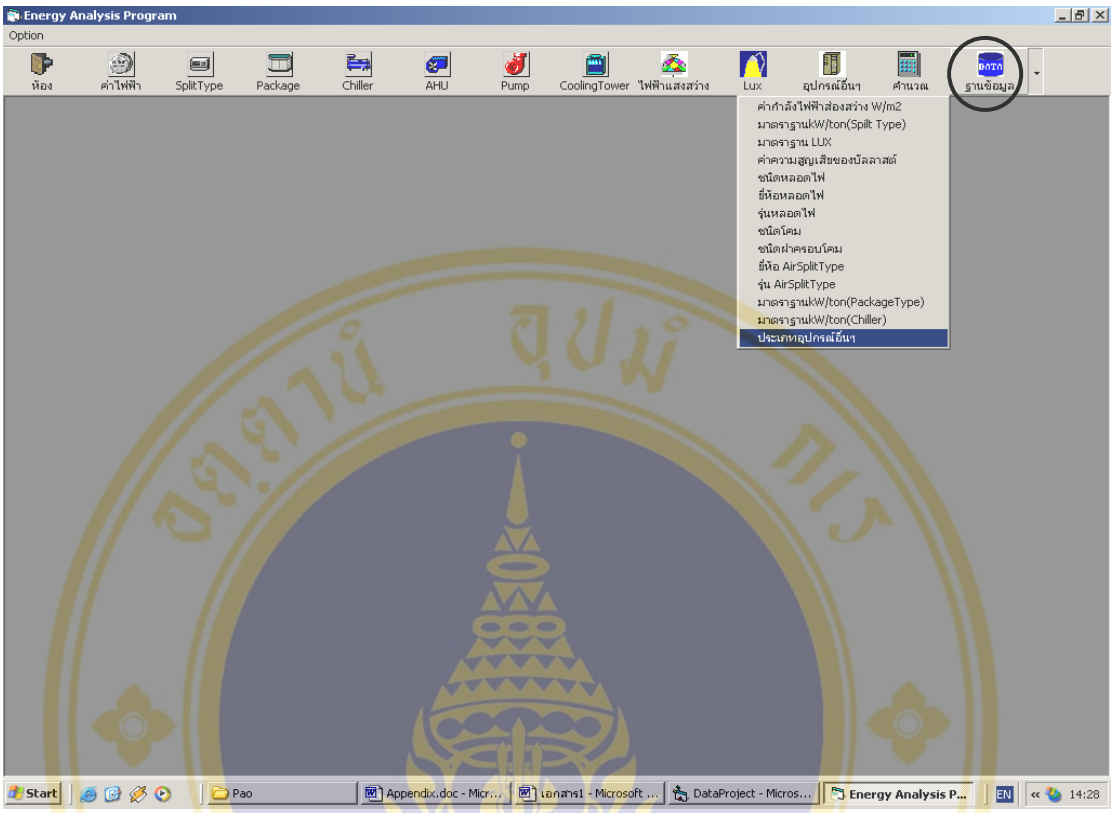
- ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่าง W/m^2
- ค่ามาตรฐานkW/Tr ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน
- ค่ามาตรฐานLUX
- ความสูญเสียของบัลลาสต์
- ชนิดหลอดไฟ
- ยี่ห้อหลอดไฟ
- รุ่นหลอดไฟ
- ชนิดโคม
- ชนิดฝาครอบโคม
- ยี่ห้อของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน
- รุ่นของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน
- ค่ามาตรฐานkW/Tr ระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด
- ค่ามาตรฐานkW/Tr เครื่องทำน้ำเย็น
- ประเภทของอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ

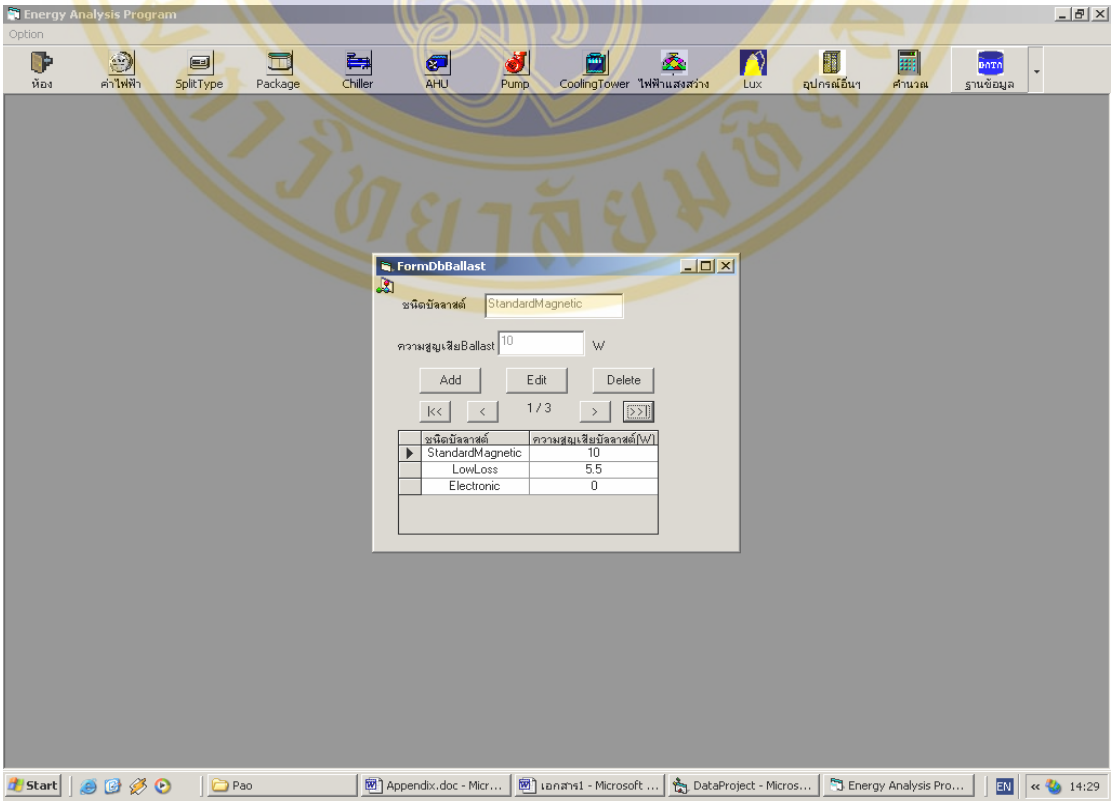
❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK**

Copyright by Mahidol University





หน้าจอแก้ไขฐานข้อมูลบัลลาสต์

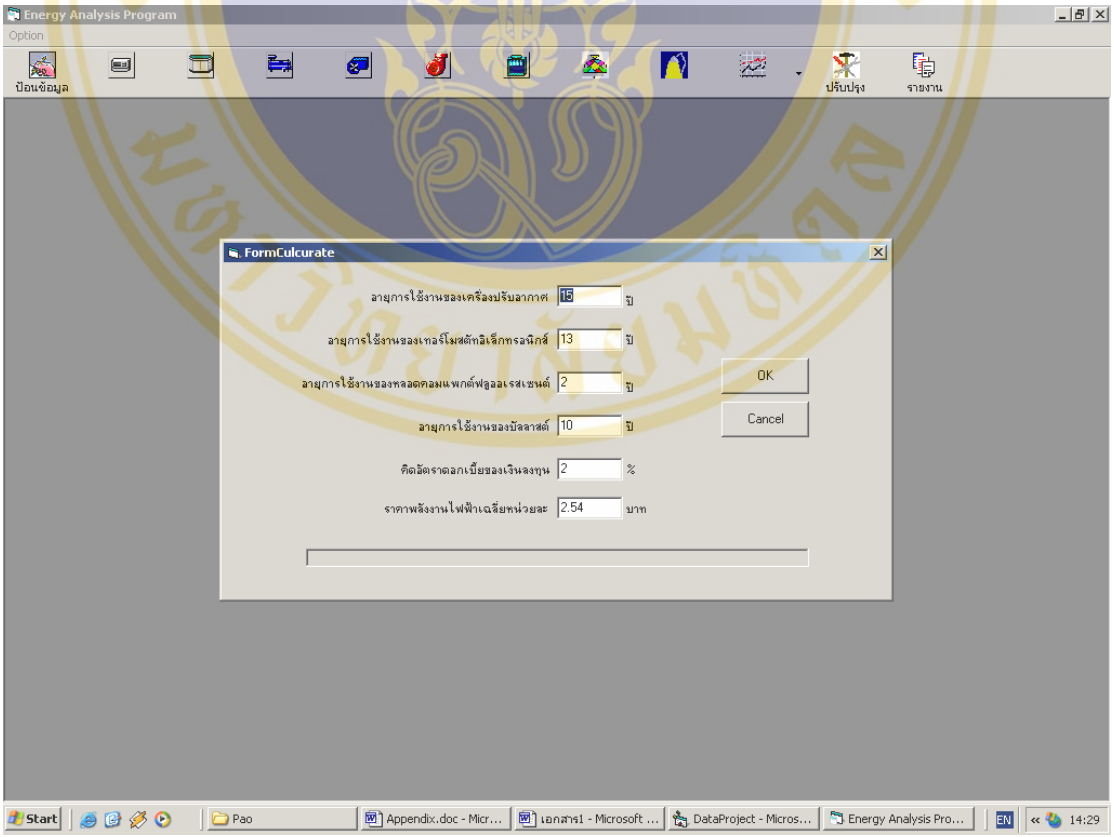
Copyright by Mahidol University

1.14 **เมนูย่อย "คำนวณ"** คลิกเพื่อป้อนข้อมูลและคำนวณค่าทั้งหมดที่เหลือ ก่อนจะไปสู่ขั้นตอนที่ 2 (แสดงผลการคำนวณ)

- อายุการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน
- อายุการใช้งานเทอร์โมสตัทอิเล็กทรอนิกส์
- อายุการใช้งานหลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์
- อายุการใช้งานบัลลาสต์
- อัตราดอกเบี้ยของเงินลงทุน
- ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย

❖ โปรแกรมจะดึงค่าราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยที่ได้จาก **เมนูย่อย "ค่าไฟฟ้า"** มาไว้โดยอัตโนมัติ

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK** โปรแกรมจะคำนวณค่าต่างๆ แล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 2 (แสดงผลการคำนวณ)



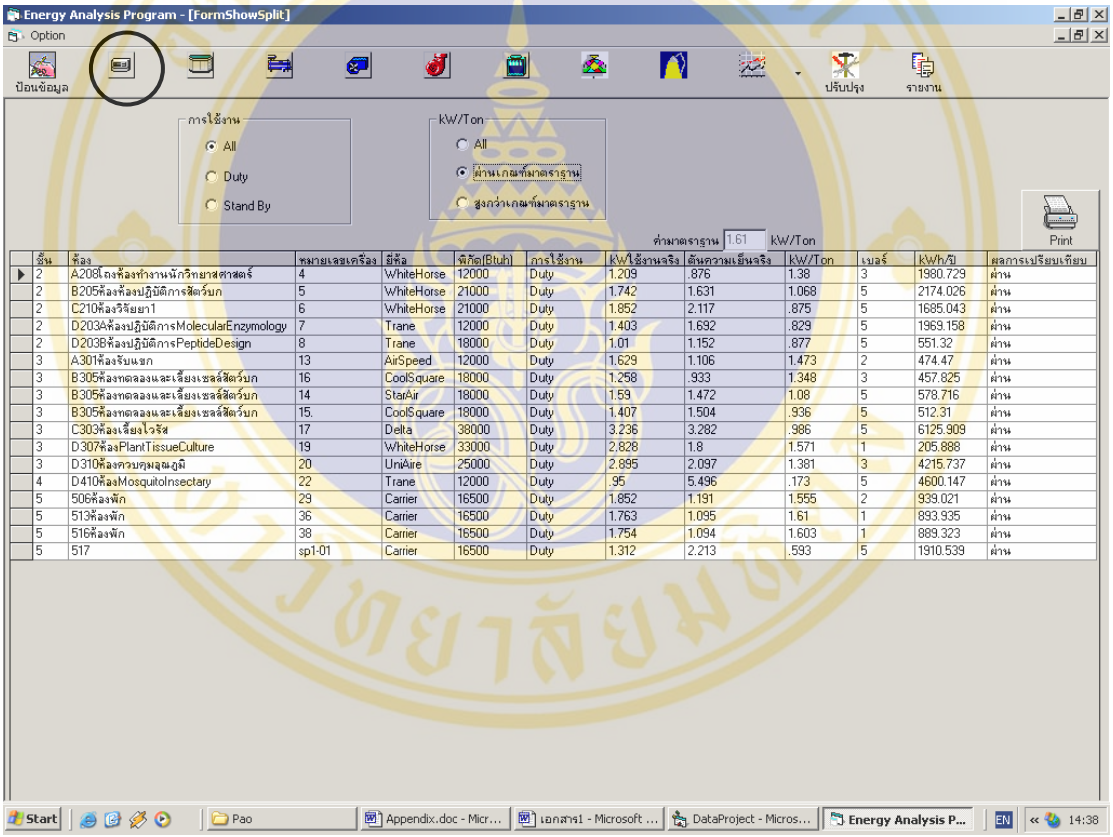
หน้าจอคำนวณ

Copyright by Mahidol University

ขั้นตอนที่ 2 : แสดงผลการคำนวณ ซึ่งประกอบด้วยเมนูย่อย 10 เมนู คือ

2.1 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**การใช้งาน**"
- สามารถแสดงผลแยกตาม "**มาตรฐาน kW/Tr**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

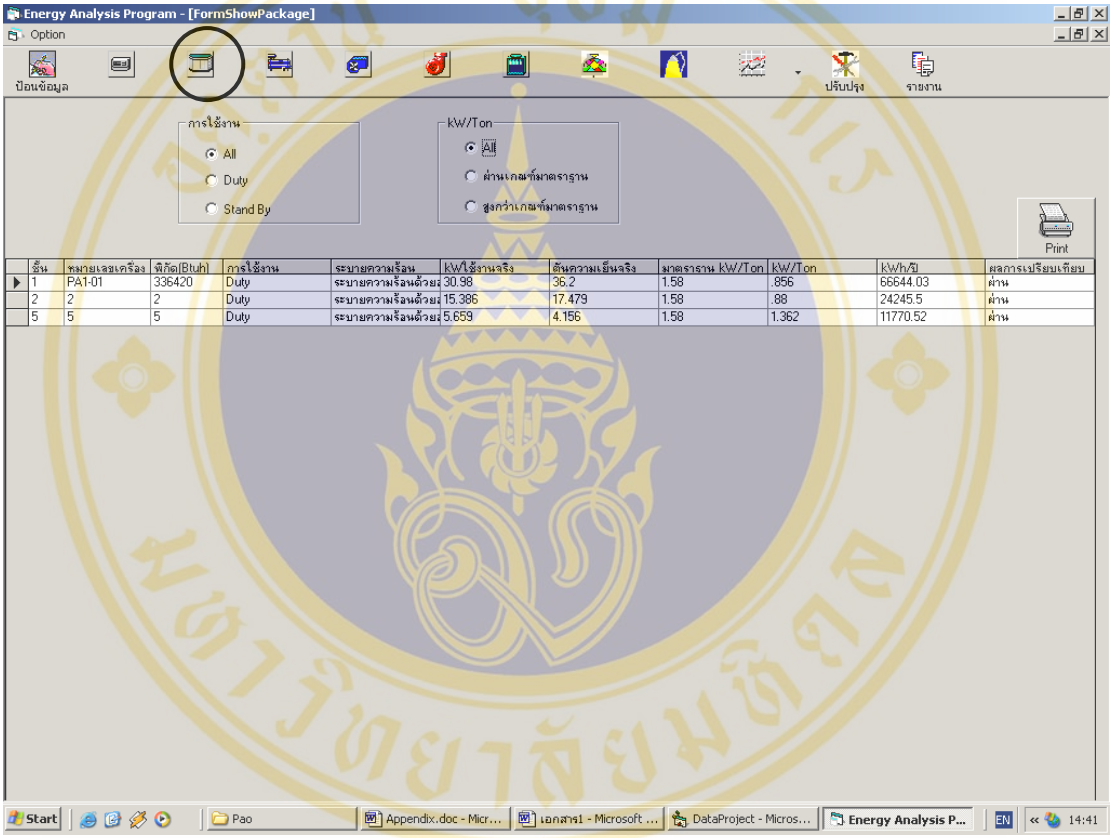


หน้าจอแสดงผลคำนวณเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

Copyright by Mahidol University

2.2 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**การใช้งาน**"
- สามารถแสดงผลแยกตาม "**มาตรฐาน kW/Tr**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

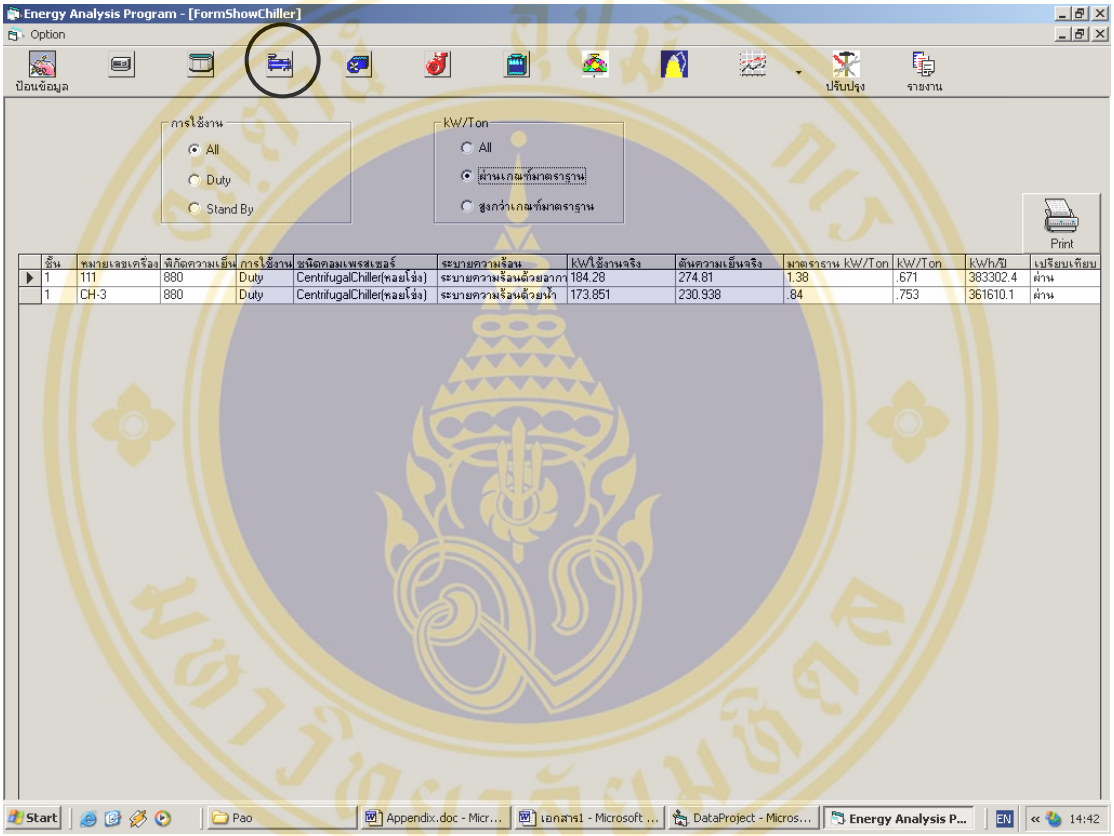


หน้าจอแสดงผลคำนวณเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด

Copyright by Mahidol University

2.3 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณเครื่องทำน้ำเย็น" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณเครื่องทำน้ำเย็น

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**การใช้งาน**"
- สามารถแสดงผลแยกตาม "**มาตรฐาน kW/Tr**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

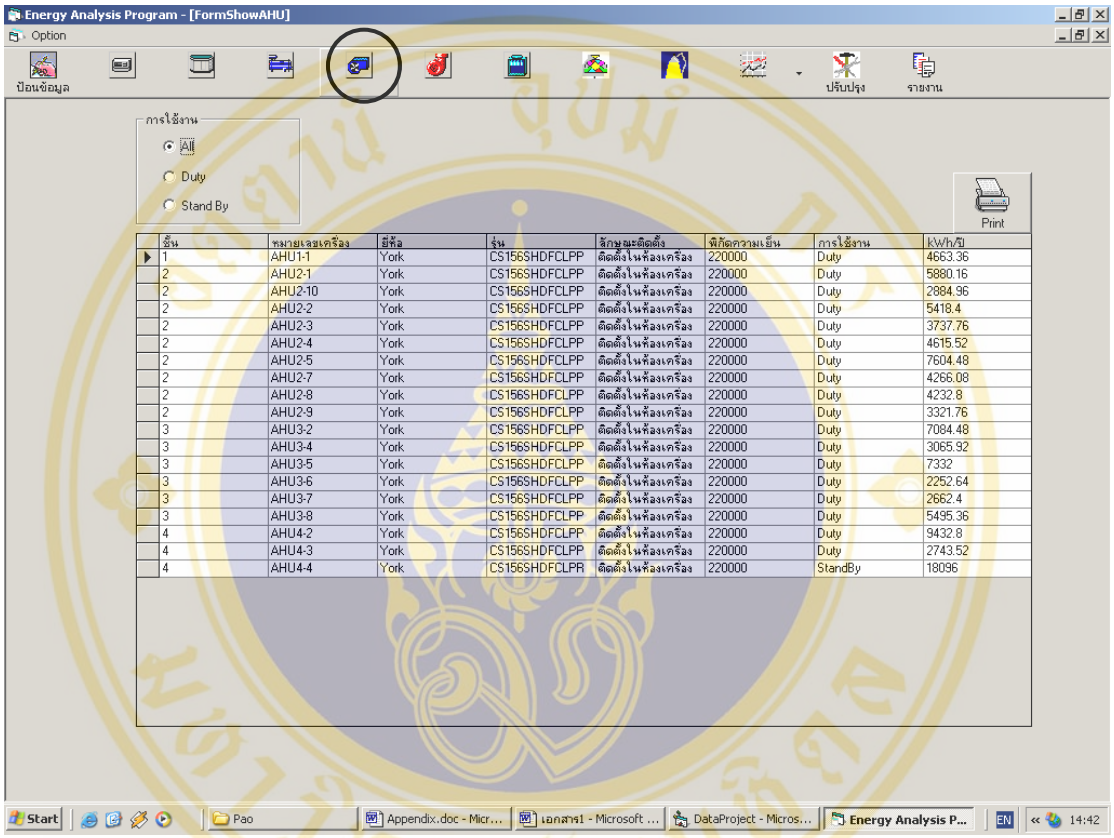


หน้าจอแสดงผลคำนวณเครื่องทำน้ำเย็น

Copyright by Mahidol University

2.4 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณเครื่องส่งลมเย็น" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณเครื่องส่งลมเย็น

- ❖ สามารถแสดงผลแยกตาม "**การใช้งาน**"
- ❖ สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

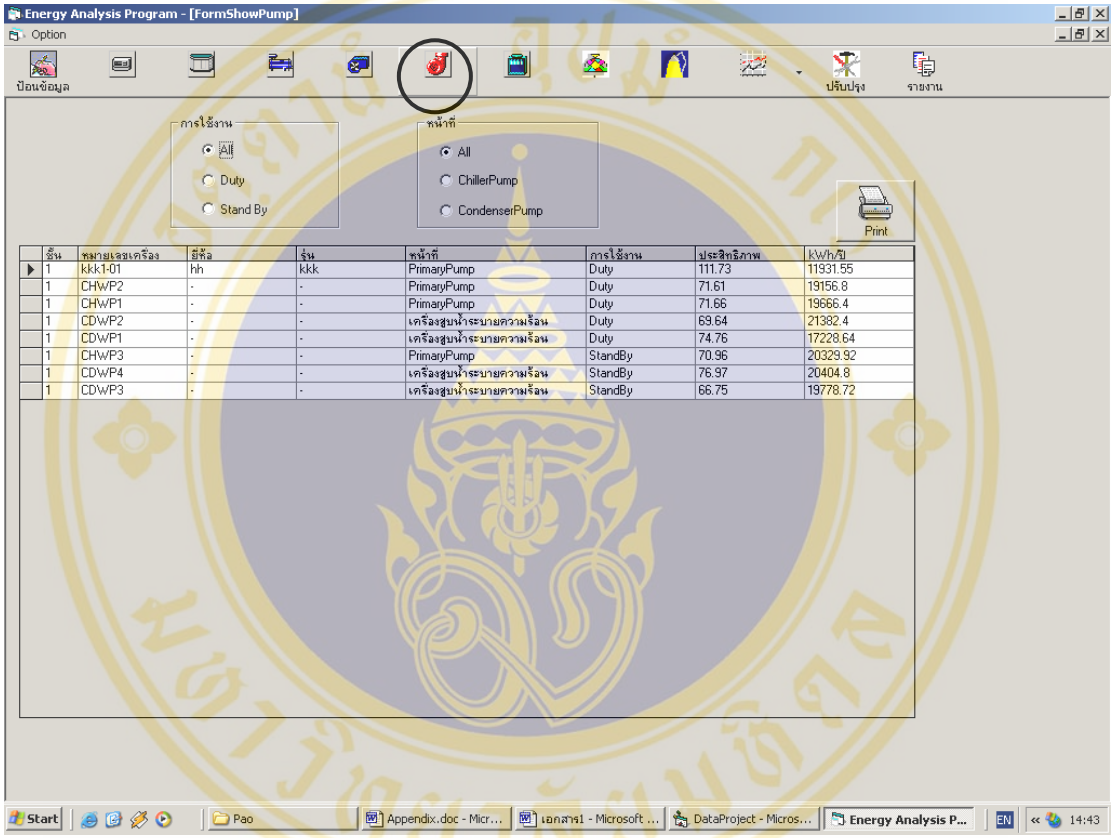


หน้าจอแสดงผลคำนวณเครื่องส่งลมเย็น

Copyright by Mahidol University

2.5 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณเครื่องสูบน้ำ" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณเครื่องสูบน้ำ

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**การใช้งาน**"
- สามารถแสดงผลแยกตาม "**หน้าที่**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

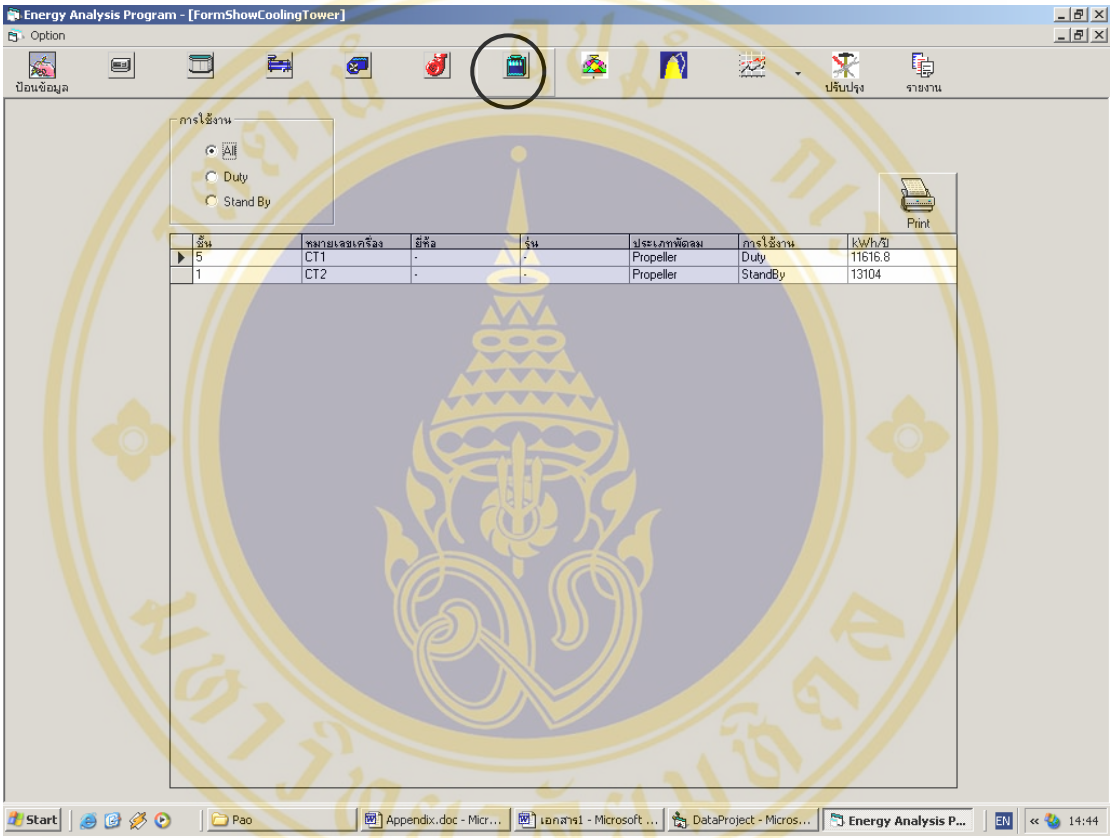


หน้าจอแสดงผลคำนวณเครื่องสูบน้ำ

Copyright by Mahidol University

2.6 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณหอระบายความร้อน" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณหอระบายความร้อน

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**การใช้งาน**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

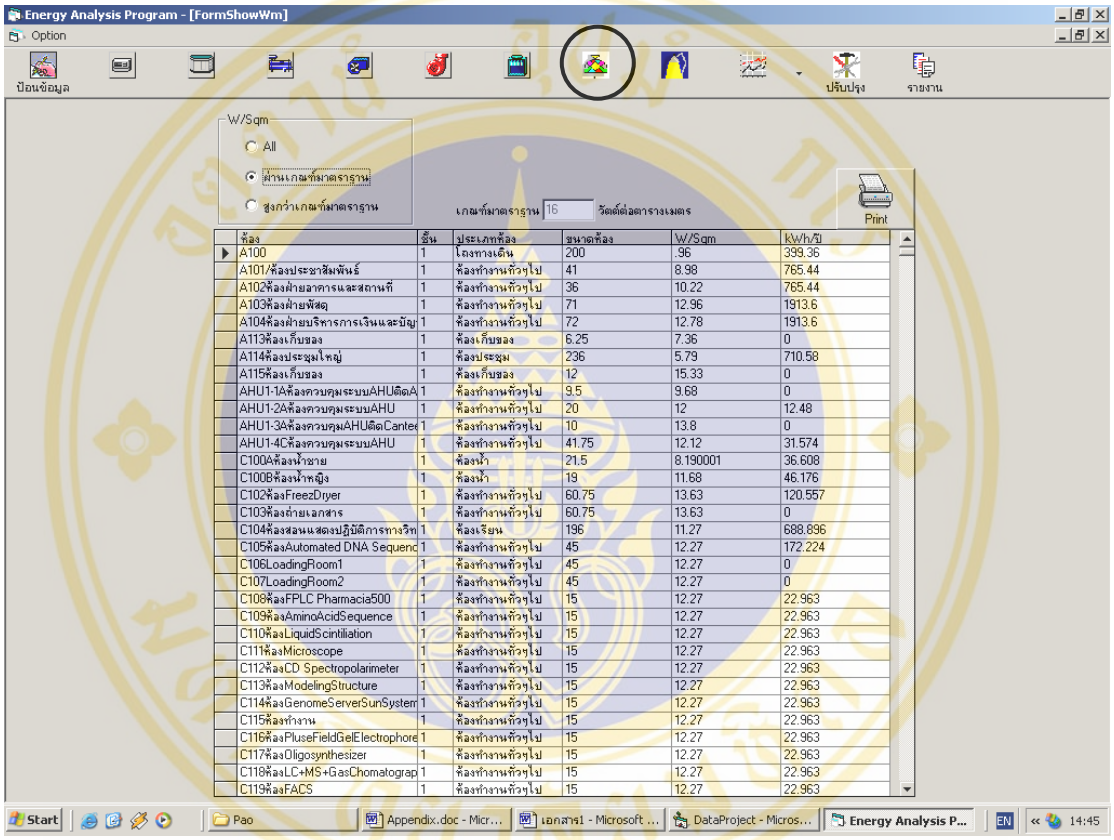


หน้าจอแสดงผลคำนวณหอระบายความร้อน

Copyright by Mahidol University

2.7 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณระบบไฟฟ้าแสงสว่าง" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**กำลังไฟฟ้าติดตั้งต่อพื้นที่ใช้งาน W/m^2**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

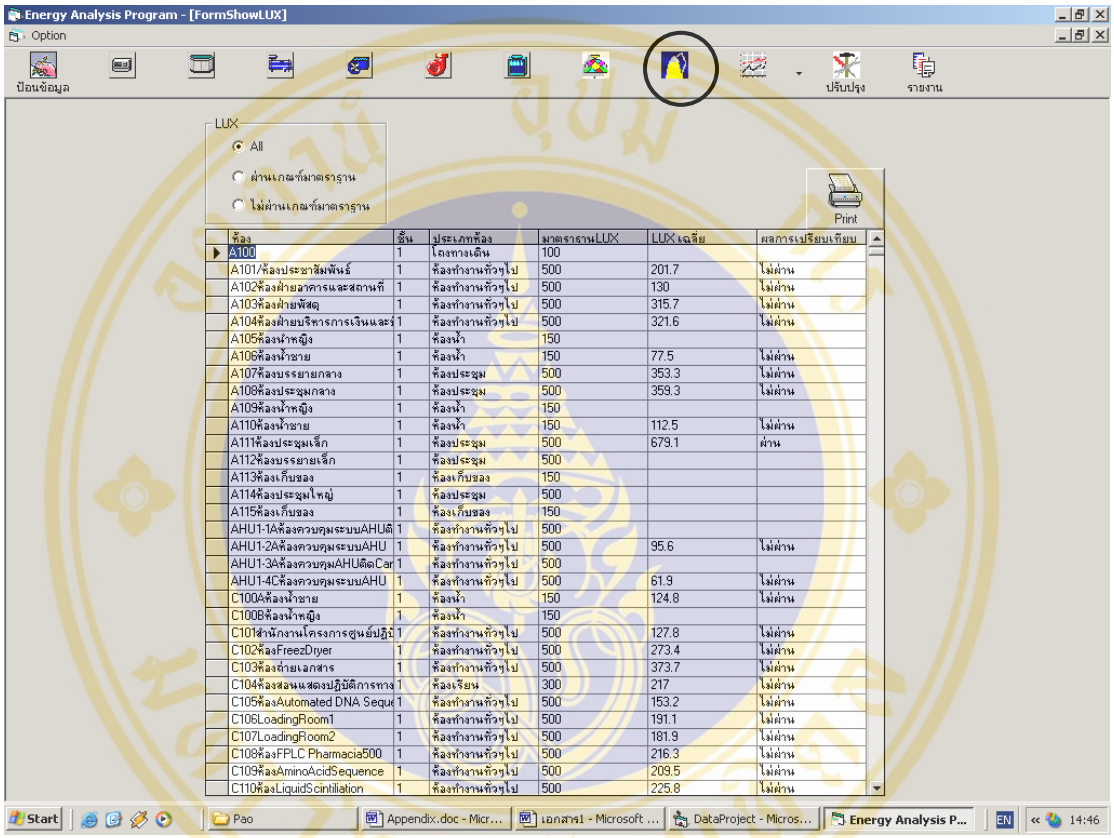


หน้าจอแสดงผลคำนวณระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

Copyright by Mahidol University

2.8 เมนูย่อย "แสดงผลการคำนวณค่าความส่องสว่าง" คลิกเพื่อดูผลการคำนวณค่าความส่องสว่าง

- สามารถแสดงผลแยกตาม "**ค่าความส่องสว่าง**"
- สามารถสร้างรายงานโดยคลิกที่ปุ่ม **Print**

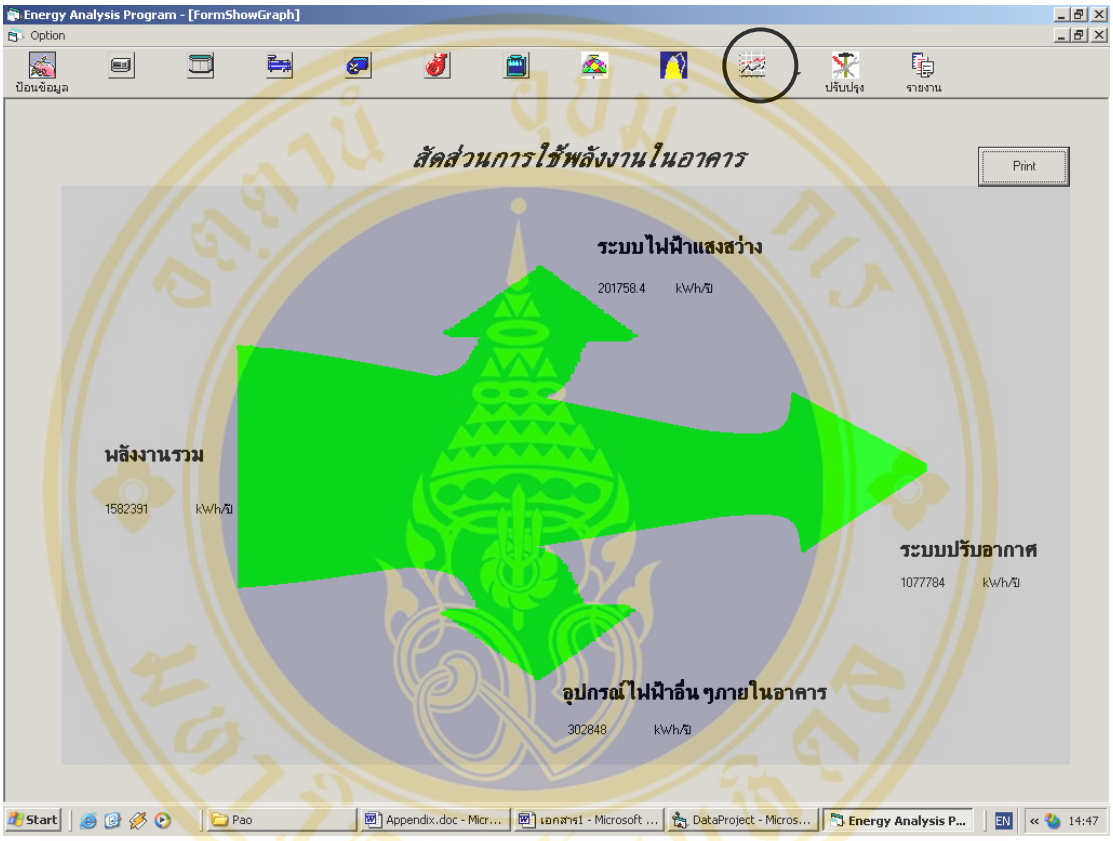


หน้าจอแสดงผลคำนวณค่าความส่องสว่าง

Copyright by Mahidol University

2.9 **เมนูย่อย "แสดงผลสัดส่วนการใช้พลังงาน"** คลิกเพื่อดูผลการคำนวณสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละระบบในอาคาร

- ❖ สามารถพิมพ์หน้าจอ โดยการคลิกที่ปุ่ม **"Print"**

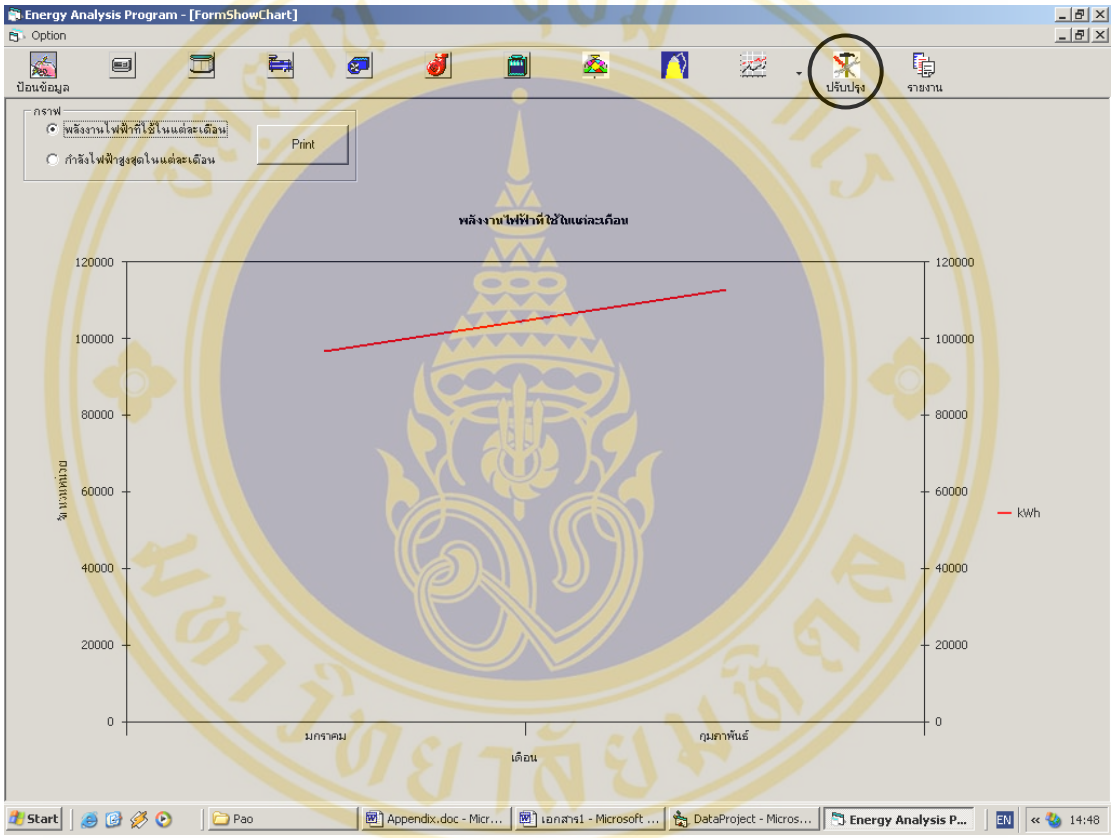


หน้าจอแสดงผลสัดส่วนการใช้พลังงานในอาคาร

Copyright by Mahidol University

2.10 **เมนูย่อย "แสดงผลการใช้พลังงานในรอบปี"** คลิกเพื่อดูกราฟแสดงการใช้พลังงานในรอบปีของอาคาร

- ❖ สามารถแสดงกราฟแสดงพลังงานที่ใช้ในแต่ละเดือน
- ❖ สามารถแสดงกราฟแสดงกำลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน
- ❖ สามารถพิมพ์หน้าจอ โดยการคลิกที่ปุ่ม **"Print"**



หน้าจอแสดงผลการใช้พลังงานในรอบปี

Copyright by Mahidol University

ขั้นตอนที่ 3 : มาตรการเปลี่ยนอุปกรณ์คุณภาพต่ำมาเป็นอุปกรณ์คุณภาพสูง พร้อมทั้งวิเคราะห์ผลทางเศรษฐศาสตร์ การทำงานเริ่มที่เมนูหลัก"**ปรับปรุง**" ซึ่งประกอบด้วยเมนูย่อย 5 เมนู คือ

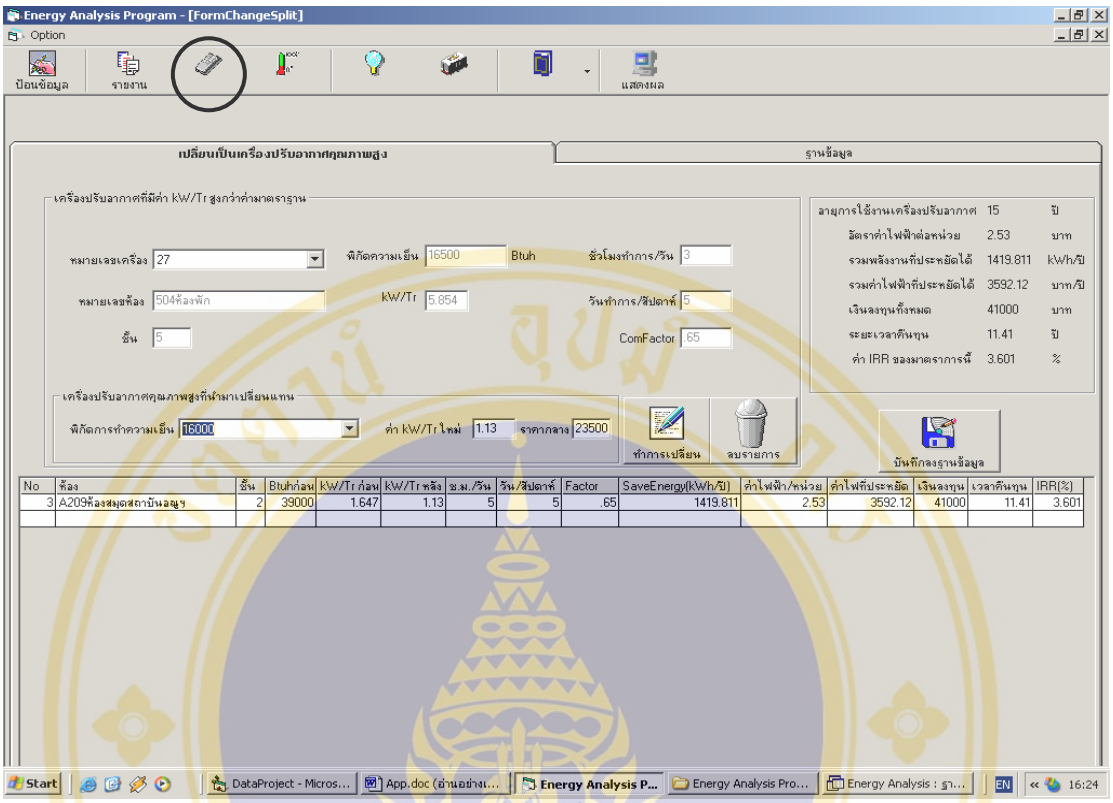
3.1 **เมนูย่อย "เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง"** คลิกเพื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีค่า kW/Tr สูงกว่าค่ามาตรฐาน มาเป็นเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง(เบอร์ 5)

- เลือกหมายเลขเครื่องปรับอากาศจาก**ComboBox1** (ระบบจะเลือกเครื่องที่มีค่า kW/Tr สูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาไว้ใน **ComboBox1**)
- เลือกพิกัดความเย็นเครื่องปรับอากาศที่จะนำมาเปลี่ยนจาก**ComboBox2** (ค่าจากฐานข้อมูล)
- เมื่อเลือกพิกัดความเย็นเครื่องปรับอากาศที่จะนำมาเปลี่ยนเสร็จ คลิกที่ปุ่ม **ทำการเปลี่ยน** ระบบจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้, ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้, เงินลงทุน, ระยะเวลาคืนทุน ค่าIRR พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดไว้ที่ตารางข้างล่าง
- ถ้าต้องการยกเลิกหรือแก้ไขเครื่องปรับอากาศที่ทำการเปลี่ยนแล้ว ให้ดับเบิ้ลคลิกที่รายการนั้นบนตาราง รายการดังกล่าวก็จะถูกลบโดยอัตโนมัติ และข้อมูลของเครื่องปรับอากาศดังกล่าวจะย้อนกลับไปแสดงข้อมูลที่คอนโทรลแต่ละตัว
- เมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศครบแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม **บันทึกลงฐานข้อมูล** เพื่อบันทึกค่าทั้งหมดลงฐานข้อมูล

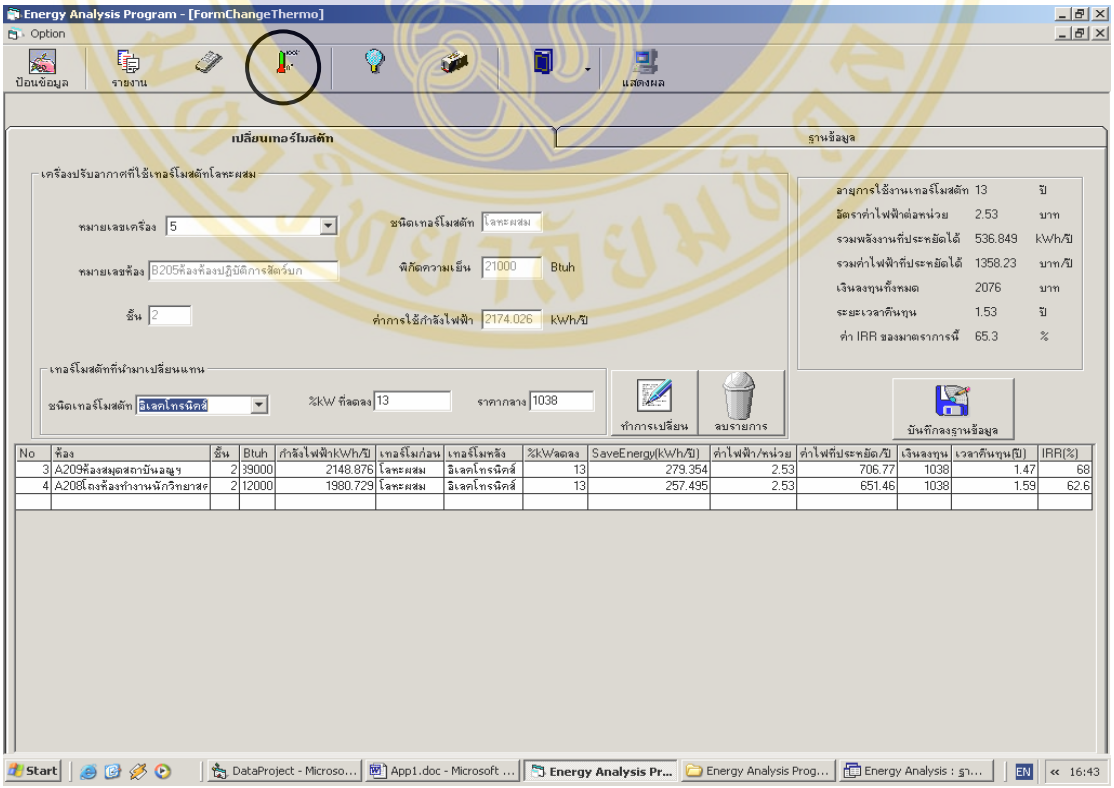
3.2 **เมนูย่อย '"เปลี่ยนเทอร์โมสตัทไบเมทอลเป็นเทอร์โมสตัทอิเล็กทรอนิกส์"** คลิกเพื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่ใช้เทอร์โมสตัทไบเมทอลมาใช้เทอร์โมสตัทอิเล็กทรอนิกส์

- เลือกหมายเลขเครื่องปรับอากาศจาก**ComboBox1** (ระบบจะเลือกเครื่องที่ใช้เทอร์โมสตัทไบเมทอลมาไว้ใน **ComboBox1**)
- เลือกเทอร์โมสตัทที่จะนำมาเปลี่ยนจาก**ComboBox2** (ค่าจากฐานข้อมูล)
- เมื่อเทอร์โมสตัทที่จะนำมาเปลี่ยนเสร็จ คลิกที่ปุ่ม **ทำการเปลี่ยน** ระบบจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้, ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้, เงินลงทุน, ระยะเวลาคืนทุน ค่าIRR
- ถ้าต้องการยกเลิกหรือแก้ไขเครื่องปรับอากาศที่ทำการเปลี่ยนแล้ว ให้ดับเบิ้ลคลิกที่รายการนั้นบนตาราง รายการดังกล่าวข้อมูลของเครื่องปรับอากาศดังกล่าว จะย้อนกลับไปแสดงที่เดิม
- เมื่อทำการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศครบแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม **บันทึกลงฐานข้อมูล** เพื่อบันทึกค่าทั้งหมดลงฐานข้อมูล

Copyright by Mahidol University



หน้าจอเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ



หน้าจอเปลี่ยนเทอร์โมสตัท

Copyright by Mahidol University

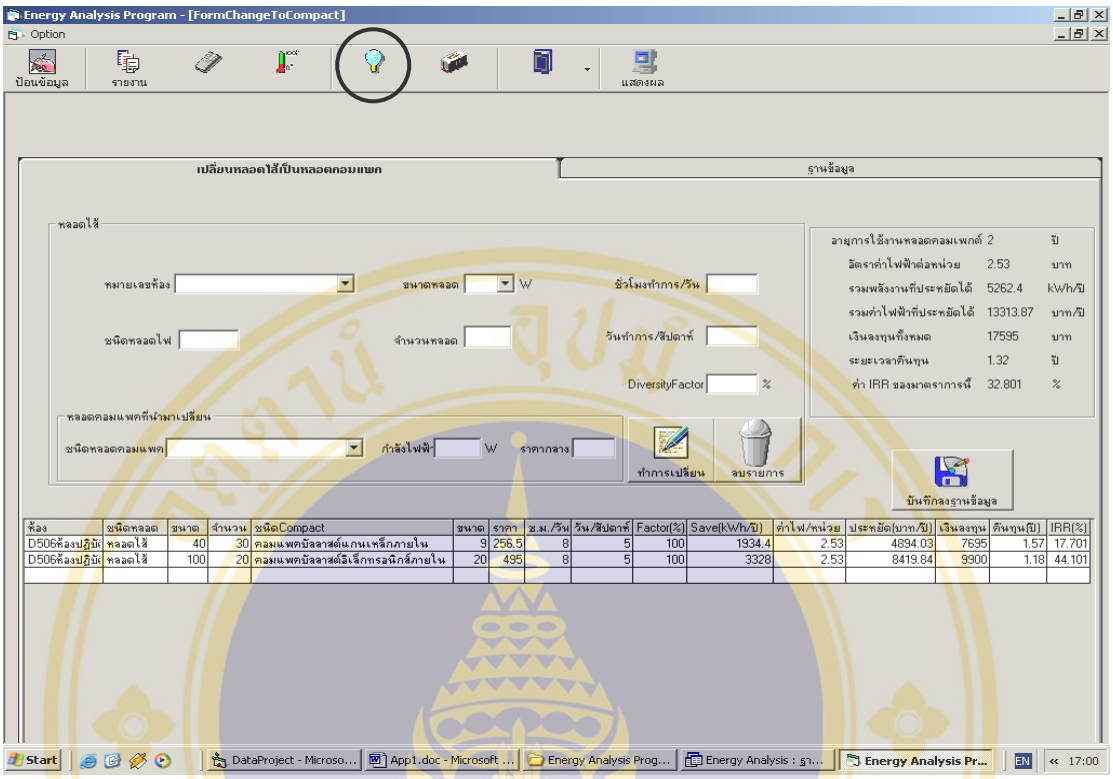
3.3 **เมนูย่อย "เปลี่ยนหลอดไส้เป็นหลอดไฟคุณภาพสูง"** คลิกเพื่อทำการเปลี่ยนหลอดไส้มาเป็นหลอดคอมเพค

- เลือกหมายเลขห้องใน**ComboBox1** (ระบบจะเลือกห้องที่มีการใช้หลอดไส้มาไว้ใน **ComboBox1**)
- เลือกขนาดของหลอดไส้ใน**ComboBox2**
- เลือกชนิดหลอดคอมเพคที่จะนำมาเปลี่ยนจาก**ComboBox3** (ค่าจากฐานข้อมูล)
- เมื่อเลือกชนิดหลอดคอมเพคที่จะนำมาเปลี่ยนเสร็จ คลิกที่ปุ่ม **ทำการเปลี่ยน** ระบบจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้, ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้, เงินลงทุน, ระยะเวลาคืนทุน ค่าIRR พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดไว้ที่ตารางข้างล่าง
- ถ้าต้องการยกเลิกหรือแก้ไขหลอดไฟที่ทำการเปลี่ยนแล้ว ให้ดับเบิ้ลคลิกที่รายการนั้นบนตาราง รายการดังกล่าวก็จะถูกลบโดยอัตโนมัติ และข้อมูลของหลอดไฟดังกล่าว จะย้อนกลับไปแสดงข้อมูลที่คอนโทรลแต่ละตัว
- เมื่อทำการเปลี่ยนหลอดไฟครบแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม **บันทึกลงฐานข้อมูล** เพื่อบันทึกค่าทั้งหมดลงฐานข้อมูล

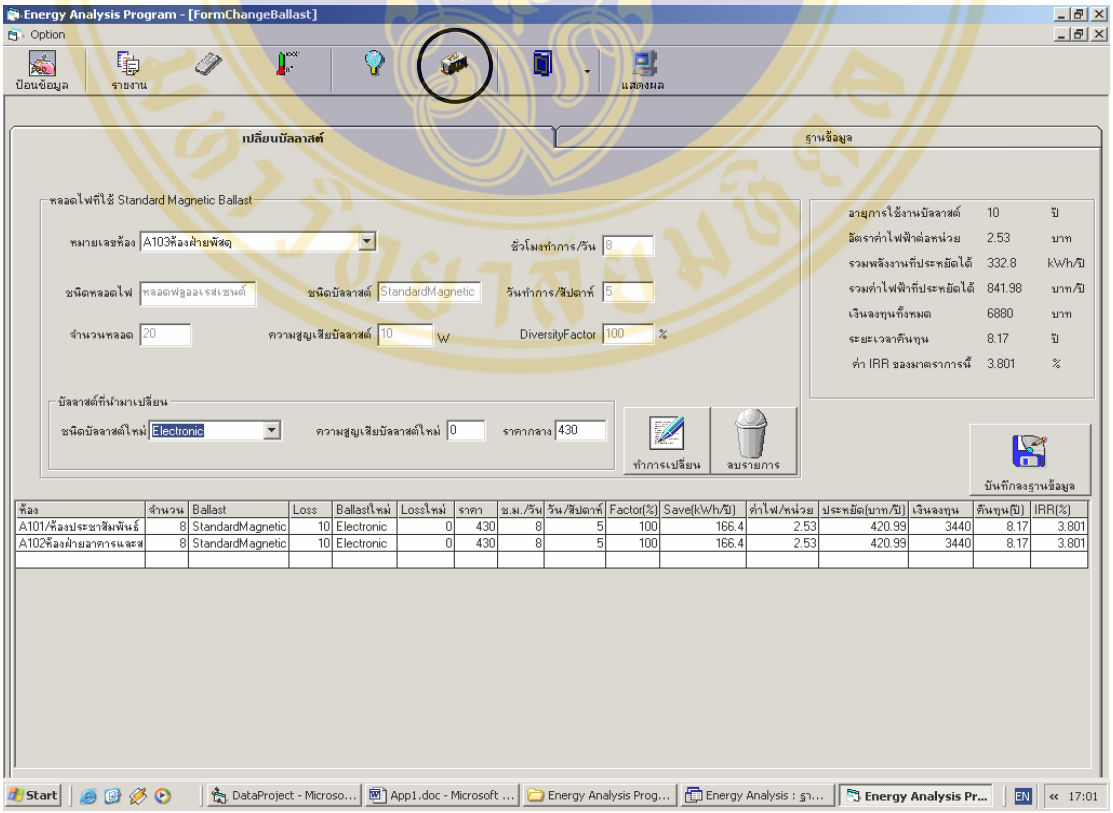
3.4 **เมนูย่อย "เปลี่ยนบัลลาสต์"** คลิกเพื่อทำการเปลี่ยนหลอดไฟที่ใช้บัลลาสต์แกนเหล็กมาเป็นบัลลาสต์โลลอสต์ หรือบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกต์

- เลือกหมายเลขห้องใน**ComboBox1** (ระบบจะเลือกห้องที่มีการใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มาไว้ใน **ComboBox1**)
- เลือกชนิดบัลลาสต์ที่จะนำมาเปลี่ยนจาก**ComboBox2** (ค่าจากฐานข้อมูล)
- เมื่อเลือกชนิดบัลลาสต์ที่จะนำมาเปลี่ยนเสร็จ คลิกที่ปุ่ม **ทำการเปลี่ยน** ระบบจะคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้, ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้, เงินลงทุน, ระยะเวลาคืนทุน ค่าIRR พร้อมทั้งแสดงรายละเอียดไว้ที่ตารางข้างล่าง
- ถ้าต้องการยกเลิกหรือแก้ไขหลอดไฟที่ทำการเปลี่ยนแล้ว ให้ดับเบิ้ลคลิกที่รายการนั้นบนตาราง รายการดังกล่าวก็จะถูกลบโดยอัตโนมัติ และข้อมูลของหลอดไฟดังกล่าว จะย้อนกลับไปแสดงข้อมูลที่คอนโทรลแต่ละตัว
- เมื่อทำการเปลี่ยนบัลลาสต์ครบแล้ว ให้คลิกที่ปุ่ม **บันทึกลงฐานข้อมูล** เพื่อบันทึกค่าทั้งหมดลงฐานข้อมูล

Copyright by Mahidol University



หน้าจอเปลี่ยนหลอดไส้เป็นหลอดคอมเพค



หน้าจอเปลี่ยนบัลลาสต์

Copyright by Mahidol University

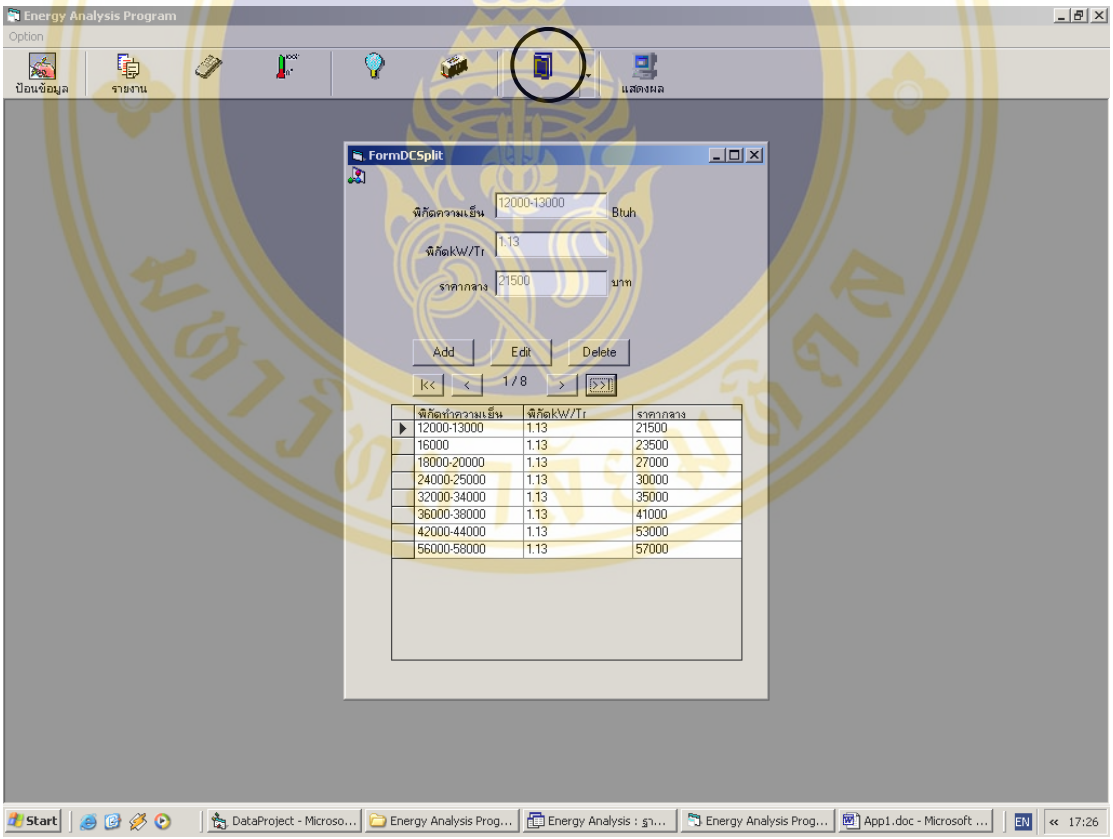
3.5 เมนูย่อย "ฐานข้อมูล" คลิกเมื่อต้องการเพิ่มเติม แก้ไข ค่าที่ใช้ในฐานข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหรือตัวเลือกต่างๆในส่วนมาตราการเปลี่ยนอุปกรณ์คุณภาพต่ำมาเป็นอุปกรณ์คุณภาพสูง ซึ่งมีทั้งหมด 4 ฟอร์ม

- เครื่องปรับอากาศคุภาพสูง
- ค่ามาตราฐานkW/Tr ของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน
- ค่ามาตราฐานLUX
- ความสูญเสียของบัลลาสต์

❖ เพิ่ม แก้ไข ลบ ข้อมูลในฐานข้อมูลด้วยการคลิกที่ปุ่ม **Add Edit Delete** ตามลำดับ

❖ เลื่อนตำแหน่ง Record ด้วยการคลิกที่ปุ่ม |<< , << , < , >> , > , >>|

❖ เมื่อป้อนข้อมูลครบทุกช่องแล้ว ให้คลิกปุ่ม **OK**

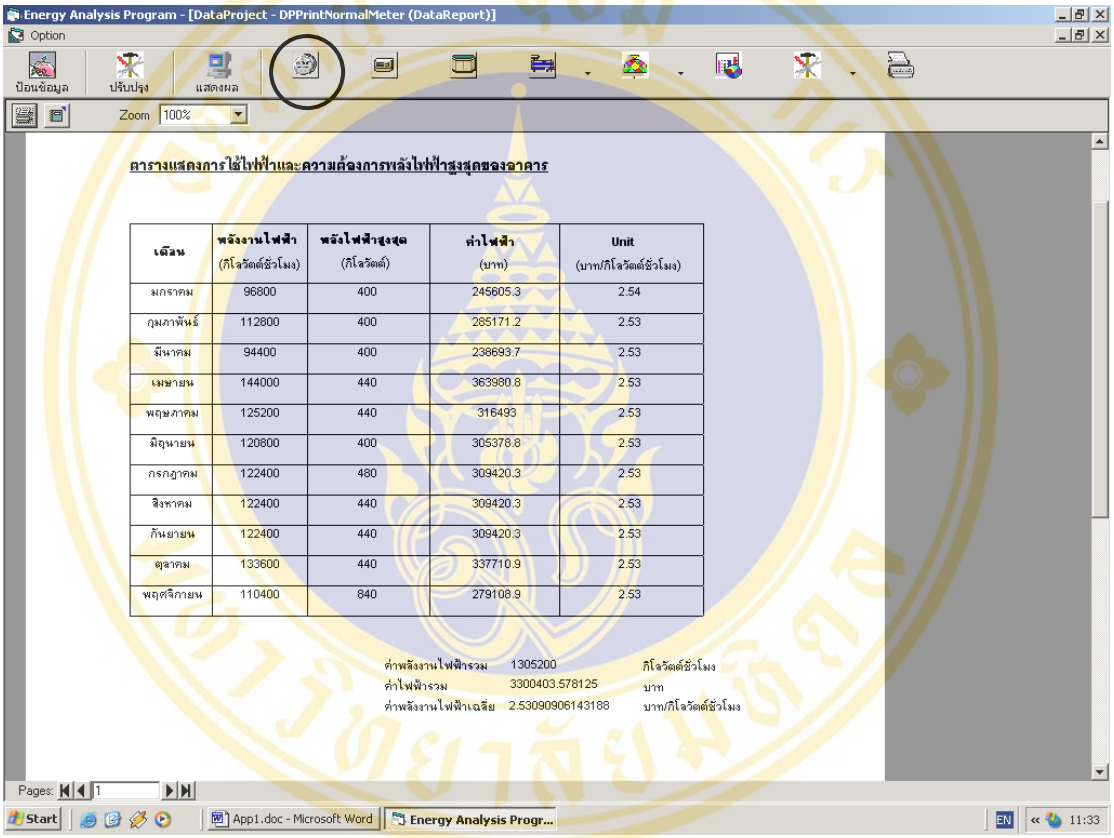


หน้าจอแก้ไขฐานข้อมูลเครื่องปรับอากาศคุณภาพสูง

Copyright by Mahidol University

ขั้นตอนที่ 4 : สร้างรายงาน สรุปข้อมูลที่ได้จากโปรแกรม การทำงานเริ่มที่เมนูหลัก"**รายงาน**" ซึ่งประกอบด้วยเมนูย่อย 7 เมนู คือ

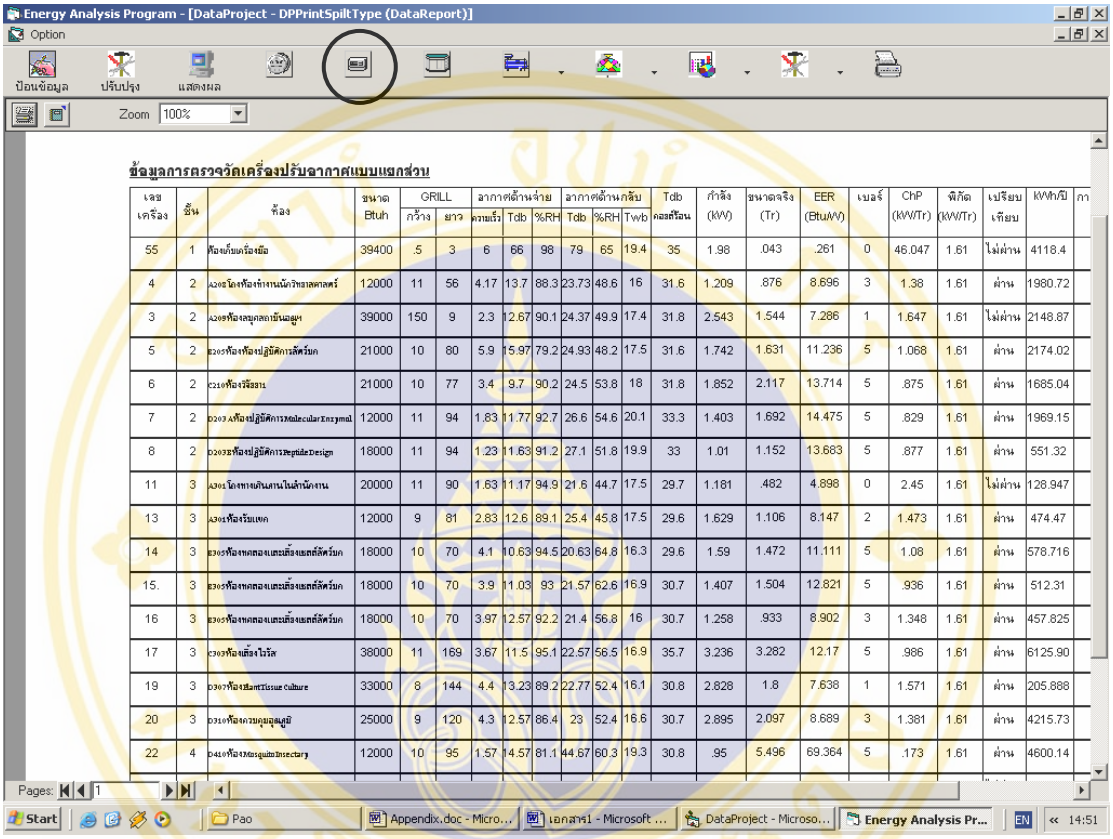
4.1 เมนูย่อย "รายงานปริมาณการใช้ไฟฟ้า" คลิกเพื่อสร้างรายงานปริมาณการใช้ไฟฟ้าและความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบปี



หน้าจอรายงานการใช้ไฟฟ้าและความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด

Copyright by Mahidol University

4.2 **เมนูย่อย "รายงานผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน"** คลิกเพื่อสร้างรายงานการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

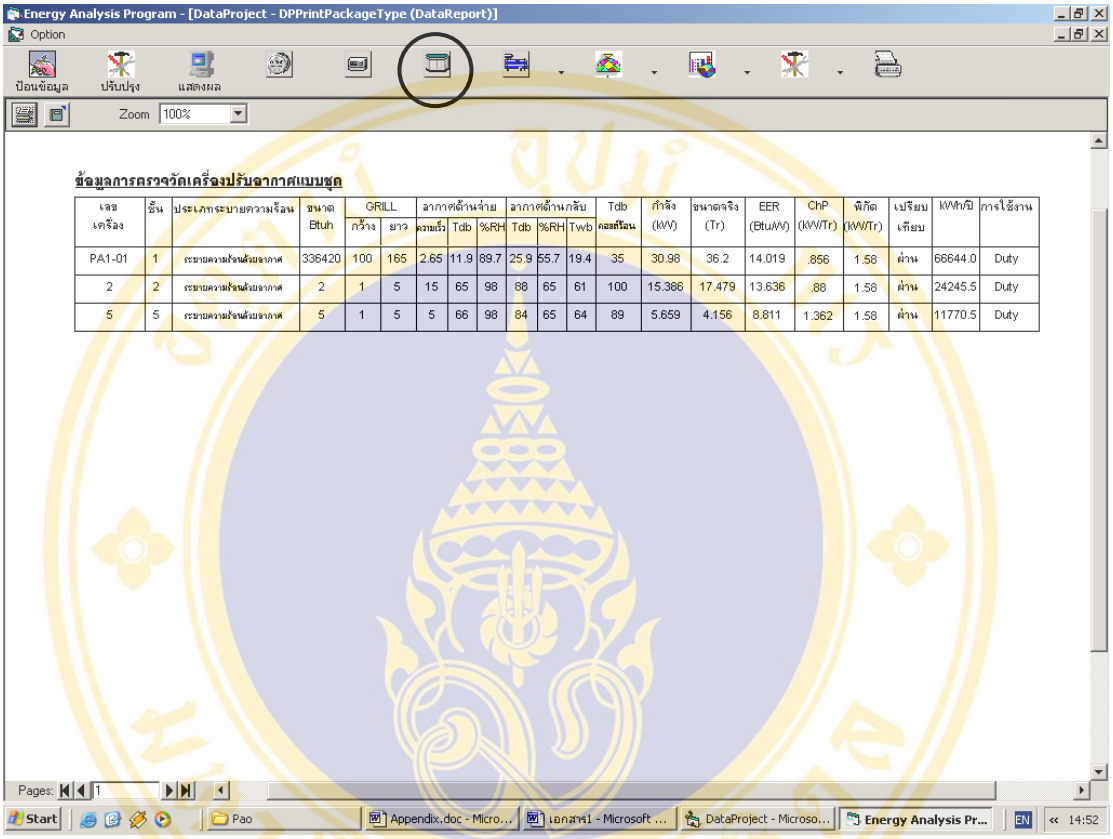


เลขเครื่อง	ชั้น	ห้อง	ขนาด Btuh	GRILL กว้าง	GRILL ยาว	อากาศด้านจ่าย ความเร็ว	อากาศด้านจ่าย Tdb	อากาศด้านจ่าย %RH	อากาศด้านกลับ Tdb	อากาศด้านกลับ %RH	อากาศด้านกลับ Twb	Tdb คอยล์ร้อน	กำลัง (kW)	ขนาดจริง (Tr)	EER (Btu/W)	เบอร์	ChP (kW/Tr)	พิกัด (kW/Tr)	เปรียบเทียบ	kWh/ปี	ก
55	1	ห้องเก็บเครื่องมือ	39400	.5	3	6	66	98	79	65	19.4	35	1.98	.043	.261	0	46.047	1.61	ไม่ผ่าน	4118.4	
4	2	A208ห้องทำงานนักวิทยาศาสตร์	12000	11	56	4.17	13.7	88.3	23.73	48.6	16	31.6	1.209	.876	8.696	3	1.38	1.61	ผ่าน	1980.72	
3	2	A208ห้องสมุดสถาบันเอยูฯ	39000	150	9	2.3	12.67	90.1	24.37	49.9	17.4	31.8	2.543	1.544	7.286	1	1.647	1.61	ไม่ผ่าน	2148.87	
5	2	B205ห้องปฏิบัติการสัตว์ปบค	21000	10	80	5.9	15.97	79.2	24.93	48.2	17.5	31.6	1.742	1.631	11.236	5	1.068	1.61	ผ่าน	2174.02	
6	2	C21ห้องวิจัย3ชั้น	21000	10	77	3.4	9.7	90.2	24.5	53.8	18	31.8	1.852	2.117	13.714	5	.875	1.61	ผ่าน	1685.04	
7	2	D203 Aห้องปฏิบัติการMolecular Enzymol	12000	11	94	1.83	11.77	92.7	26.6	54.6	20.1	33.3	1.403	1.692	14.475	5	.829	1.61	ผ่าน	1969.15	
8	2	D203Bห้องปฏิบัติการPeptideDesign	18000	11	94	1.23	11.63	91.2	27.1	51.8	19.9	33	1.01	1.152	13.683	5	.877	1.61	ผ่าน	551.32	
11	3	A305โถงทางเดินกลางในสำนักงาน	20000	11	90	1.63	11.17	94.9	21.6	44.7	17.5	29.7	1.181	.482	4.898	0	2.45	1.61	ไม่ผ่าน	128.947	
13	3	A305ห้องรับแขก	12000	9	81	2.83	12.6	89.1	25.4	45.8	17.5	29.6	1.629	1.106	8.147	2	1.473	1.61	ผ่าน	474.47	
14	3	B305ห้องทดลองและเลี้ยงเซลล์สัตว์บค	18000	10	70	4.1	10.63	94.5	20.63	64.8	16.3	29.6	1.59	1.472	11.111	5	1.08	1.61	ผ่าน	578.716	
15.	3	B305ห้องทดลองและเลี้ยงเซลล์สัตว์บค	18000	10	70	3.9	11.03	93	21.57	62.6	16.9	30.7	1.407	1.504	12.821	5	.936	1.61	ผ่าน	512.31	
16	3	B305ห้องทดลองและเลี้ยงเซลล์สัตว์บค	18000	10	70	3.97	12.57	92.2	21.4	56.8	16	30.7	1.258	.933	8.902	3	1.348	1.61	ผ่าน	457.825	
17	3	C305ห้องเลี้ยงไรัส	38000	11	169	3.67	11.5	95.1	22.57	56.5	16.9	35.7	3.236	3.282	12.17	5	.986	1.61	ผ่าน	6125.90	
19	3	D307ห้องPlant Tissue Culture	33000	8	144	4.4	13.23	89.2	22.77	52.4	16.1	30.8	2.828	1.8	7.638	1	1.571	1.61	ผ่าน	205.888	
20	3	D31ห้องควบคุมอุณหภูมิ	25000	9	120	4.3	12.57	86.4	23	52.4	16.6	30.7	2.895	2.097	8.689	3	1.381	1.61	ผ่าน	4215.73	
22	4	D41ห้องMosquito Insectary	12000	10	95	1.57	14.57	81.1	44.67	60.3	19.3	30.8	.95	5.496	69.364	5	.173	1.61	ผ่าน	4600.14	

หน้าจอรายงานผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

Copyright by Mahidol University

4.3 **เมนูย่อย "รายงานผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด"** คลิกเพื่อสร้างรายงานการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด



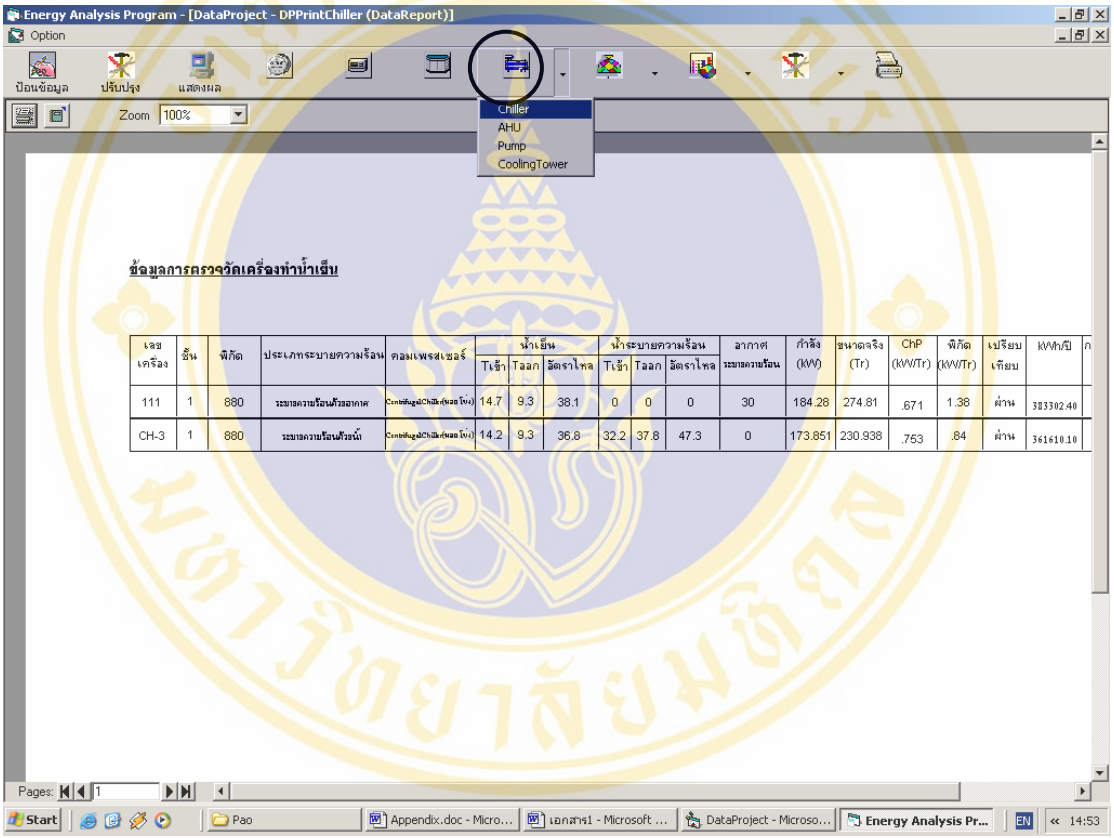
เลขเครื่อง	ชั้น	ประเภทระบายความร้อน	ขนาด Btuh	GRILL กว้าง	GRILL ยาว	อากาศด้านจ่าย ความเร็ว	อากาศด้านจ่าย Tdb	อากาศด้านจ่าย %RH	อากาศด้านกลับ Tdb	อากาศด้านกลับ %RH	อากาศด้านกลับ Twb	Tdb คอยล์ร้อน	กำลัง (kW)	ขนาดจริง (Tr)	EER (Btu/W)	ChP (kW/Tr)	พิกัด (kW/Tr)	เปรียบเทียบ	kWh/ปี	การใช้งาน
PA1-01	1	ระบบความร้อนด้วยอากาศ	336420	100	165	2.65	11.9	89.7	25.9	55.7	19.4	35	30.98	36.2	14.019	.856	1.58	ผ่าน	66644.0	Duty
2	2	ระบบความร้อนด้วยอากาศ	2	1	5	15	65	98	88	65	61	100	15.386	17.479	13.636	.88	1.58	ผ่าน	24245.5	Duty
5	5	ระบบความร้อนด้วยอากาศ	5	1	5	5	66	98	84	65	64	89	5.659	4.156	8.811	1.362	1.58	ผ่าน	11770.5	Duty

หน้าจอรายงานผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบเป็นชุด

Copyright by Mahidol University

4.4 **เมนูย่อย "รายงานผลการตรวจวัดระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์"** คลิกเพื่อสร้างรายงานการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ซึ่งประกอบด้วย 4 รายงาน

- ❖ รายงานการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น
- ❖ รายงานการตรวจวัดเครื่องส่งลมเย็น
- ❖ รายงานการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำ
- ❖ รายงานการตรวจวัดหอระบายความร้อน



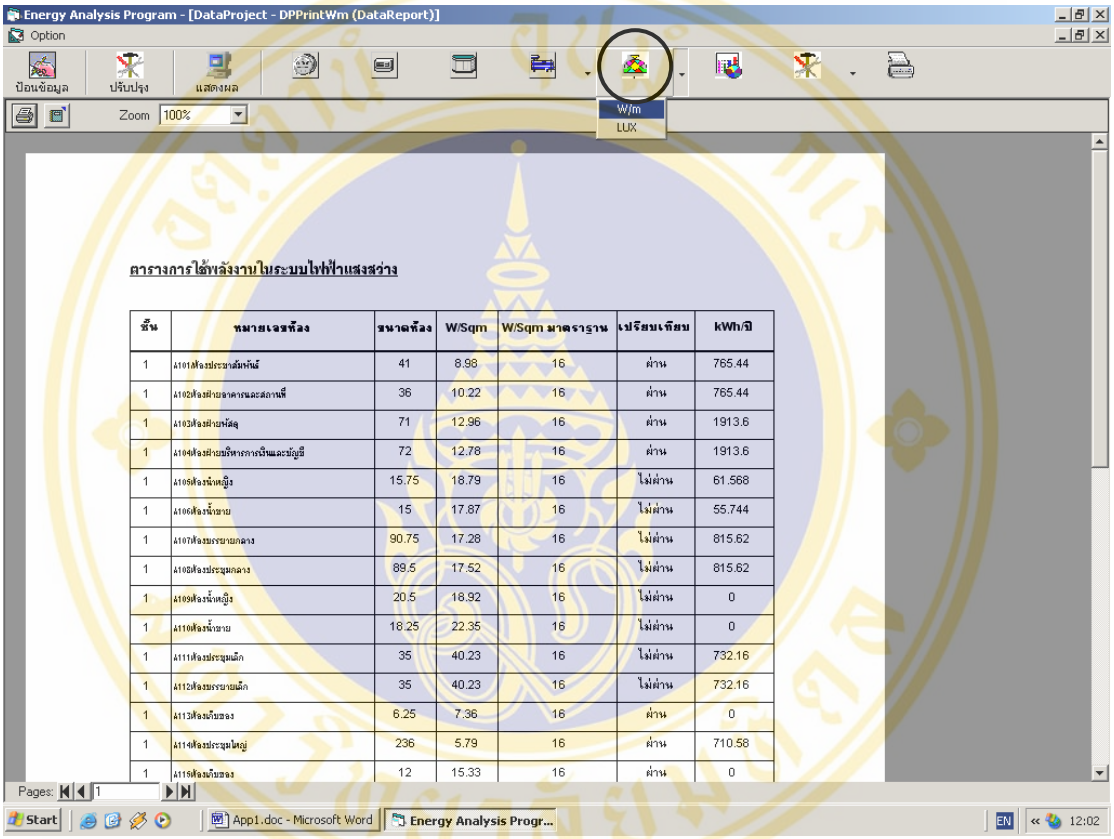
เลขเครื่อง	ชั้น	พิกัด	ประเภทระบายความร้อน	คอมเพรสเซอร์	น้ำเย็น			น้ำระบายความร้อน			อากาศ	กำลัง (kW)	ขนาดจริง (Tr)	ChP (kW/Tr)	พิกัด (kW/Tr)	เปรียบเทียบ	kWh/ปี	ก
					T เข้า	T ออก	อัตราไหล	T เข้า	T ออก	อัตราไหล	ระบายความร้อน							
111	1	880	ระบายความร้อนด้วยอากาศ	[illegible]	14.7	9.3	38.1	0	0	0	30	184.28	274.81	.671	1.38	ผ่าน	383302.40	
CH-3	1	880	ระบายความร้อนด้วยน้ำ	[illegible]	14.2	9.3	36.8	32.2	37.8	47.3	0	173.851	230.938	.753	.84	ผ่าน	361610.10	

หน้าจอรายงานผลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็น

Copyright by Mahidol University

4.5 **เมนูย่อย "รายงานผลการตรวจวัดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง"** คลิกเพื่อสร้างรายงานการตรวจวัดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งประกอบด้วย 2 รายงาน

- ❖ รายงานการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- ❖ รายงานการตรวจวัดค่าความส่องสว่าง



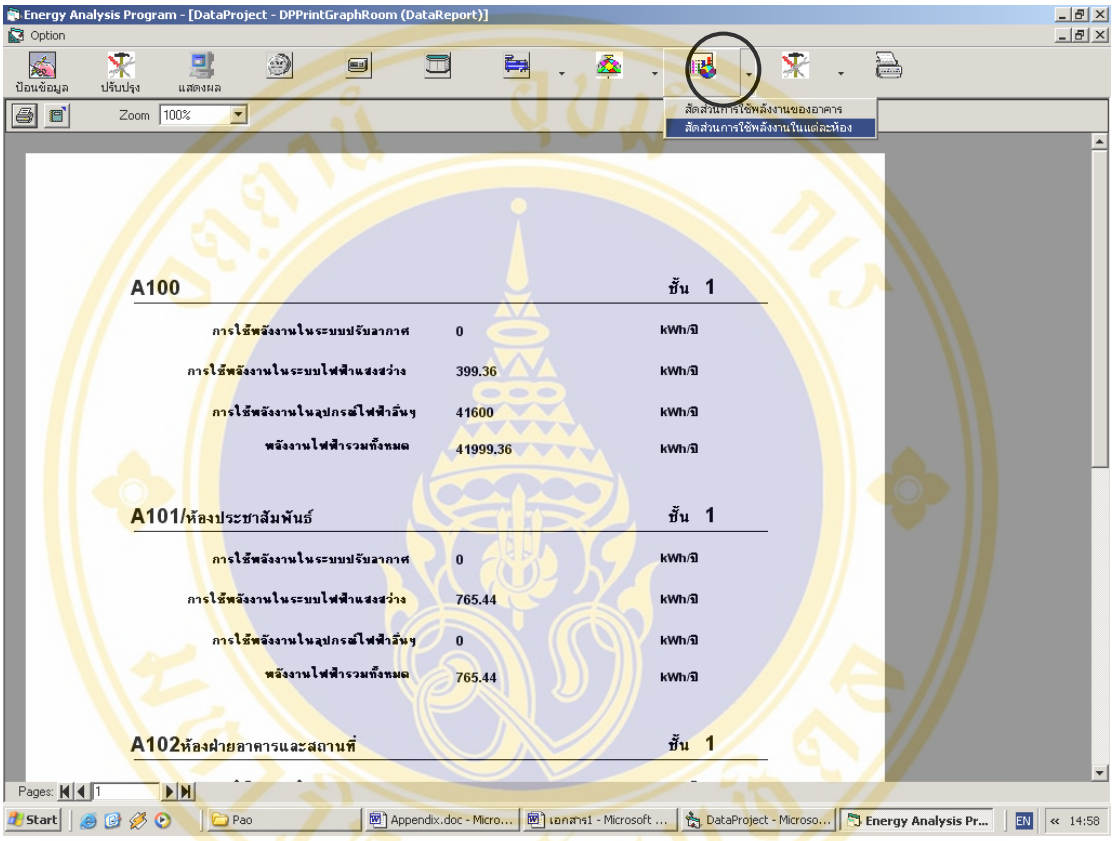
ชั้น	หมายเลขห้อง	ขนาดห้อง	W/Sqm	W/Sqm มาตราฐาน	เปรียบเทียบ	kWh/ปี
1	A101ห้องประชาสัมพันธ์	41	8.98	16	ผ่าน	765.44
1	A102ห้องฝ่ายธุรการและสถานที่	36	10.22	16	ผ่าน	765.44
1	A103ห้องฝ่ายพัสดุ	71	12.96	16	ผ่าน	1913.6
1	A104ห้องฝ่ายบริหารการเงินและบัญชี	72	12.78	16	ผ่าน	1913.6
1	A105ห้องพักหญิง	15.75	18.79	16	ไม่ผ่าน	61.568
1	A106ห้องพักชาย	15	17.87	16	ไม่ผ่าน	55.744
1	A107ห้องบรรยายกลาง	90.75	17.28	16	ไม่ผ่าน	815.62
1	A108ห้องประชุมกลาง	89.5	17.52	16	ไม่ผ่าน	815.62
1	A109ห้องพักหญิง	20.5	18.92	16	ไม่ผ่าน	0
1	A110ห้องพักชาย	18.25	22.35	16	ไม่ผ่าน	0
1	A111ห้องประชุมเล็ก	35	40.23	16	ไม่ผ่าน	732.16
1	A112ห้องบรรยายเล็ก	35	40.23	16	ไม่ผ่าน	732.16
1	A113ห้องเก็บของ	6.25	7.36	16	ผ่าน	0
1	A114ห้องประชุมใหญ่	236	5.79	16	ผ่าน	710.58
1	A115ห้องเก็บของ	12	15.33	16	ผ่าน	0

หน้าจอรายงานผลการตรวจวัดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

Copyright by Mahidol University

4.6 **เมนูย่อย "รายงานสัดส่วนการใช้พลังงาน"** คลิกเพื่อสร้างรายงานสัดส่วนการใช้พลังงาน

- ❖ รายงานสัดส่วนการใช้พลังงานของอาคาร
- ❖ รายงานสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละห้อง

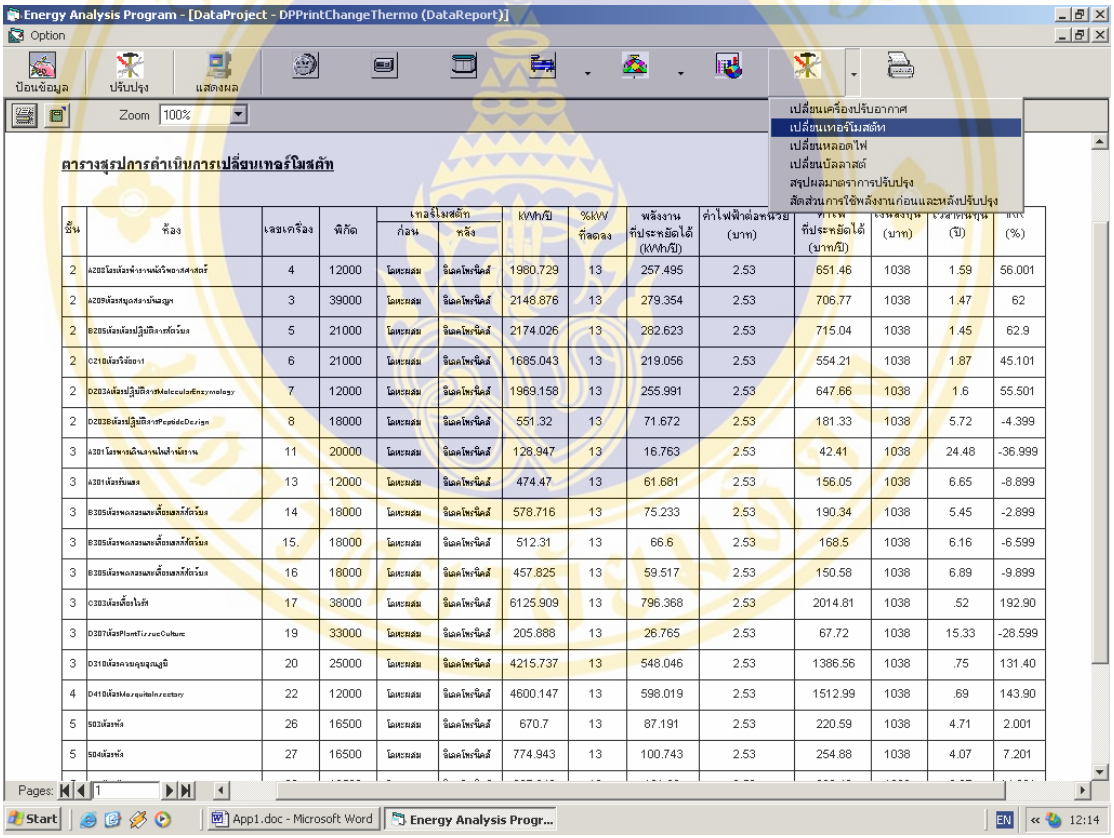


หน้าจอรายงานสัดส่วนการใช้พลังงานในแต่ละห้อง

Copyright by Mahidol University

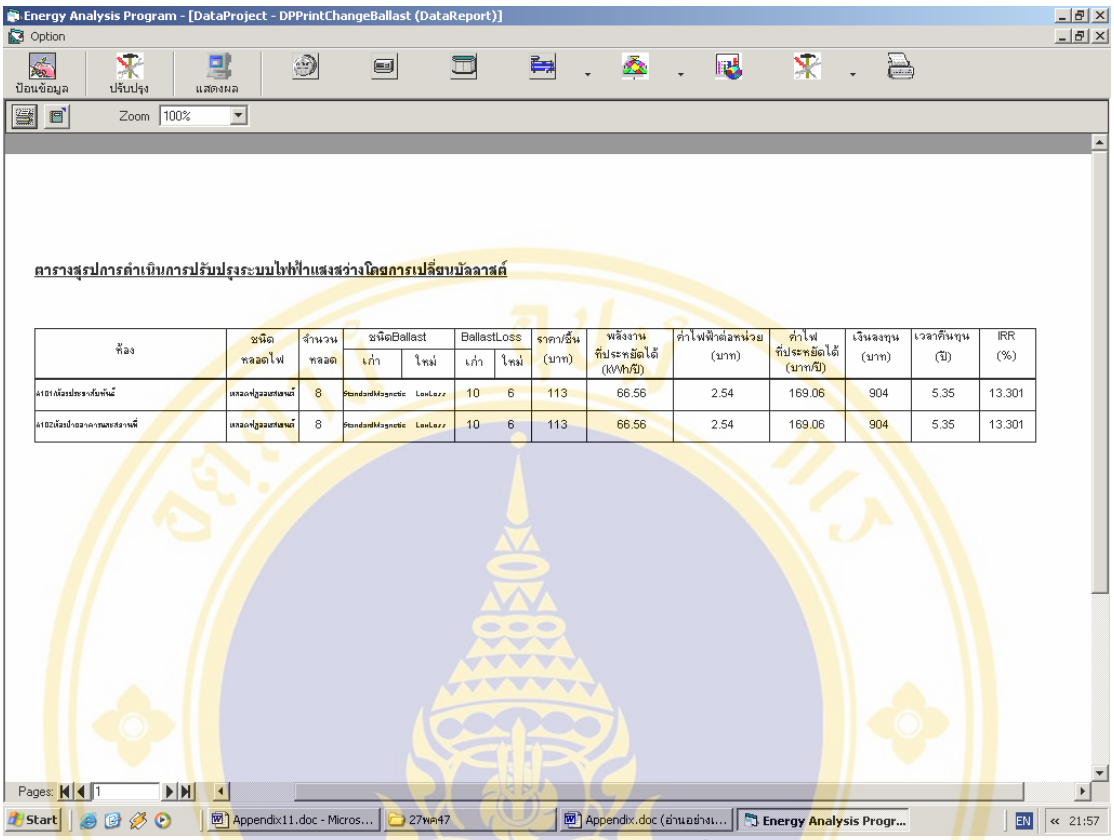
4.7 **เมนูย่อย "รายงานผลมาตรการอนุรักษ์พลังงาน"** คลิกเพื่อสร้างรายงานผลมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งประกอบด้วย 6 รายงาน

- ❖ รายงานสรุปการดำเนินการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ
- ❖ รายงานสรุปการดำเนินการเปลี่ยนเทอร์โมสตัท
- ❖ รายงานสรุปการดำเนินการเปลี่ยนหลอดไฟ
- ❖ รายงานสรุปการดำเนินการเปลี่ยนบัลลาสต์
- ❖ รายงานสรุปการดำเนินการปรับปรุงรวมทุกมาตราการ
- ❖ กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานก่อนและหลังปรับปรุง

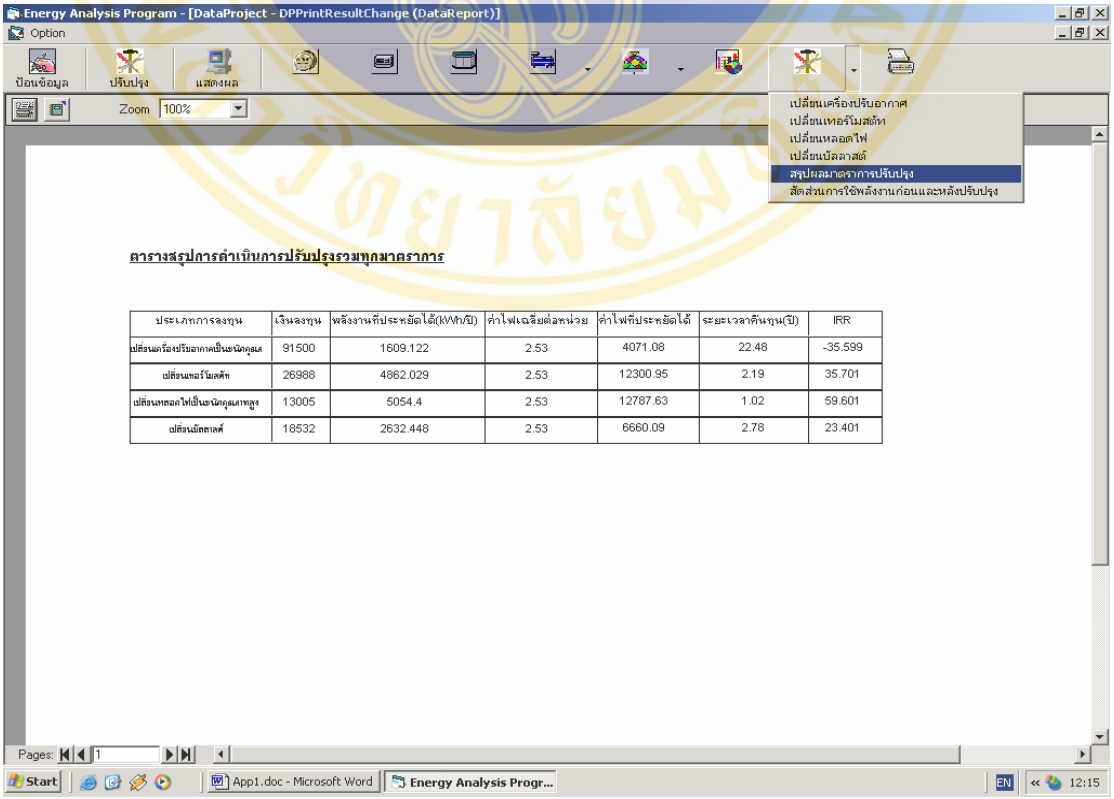


หน้าจอรายงานสรุปการดำเนินการเปลี่ยนเทอร์โมสตัท

Copyright by Mahidol University

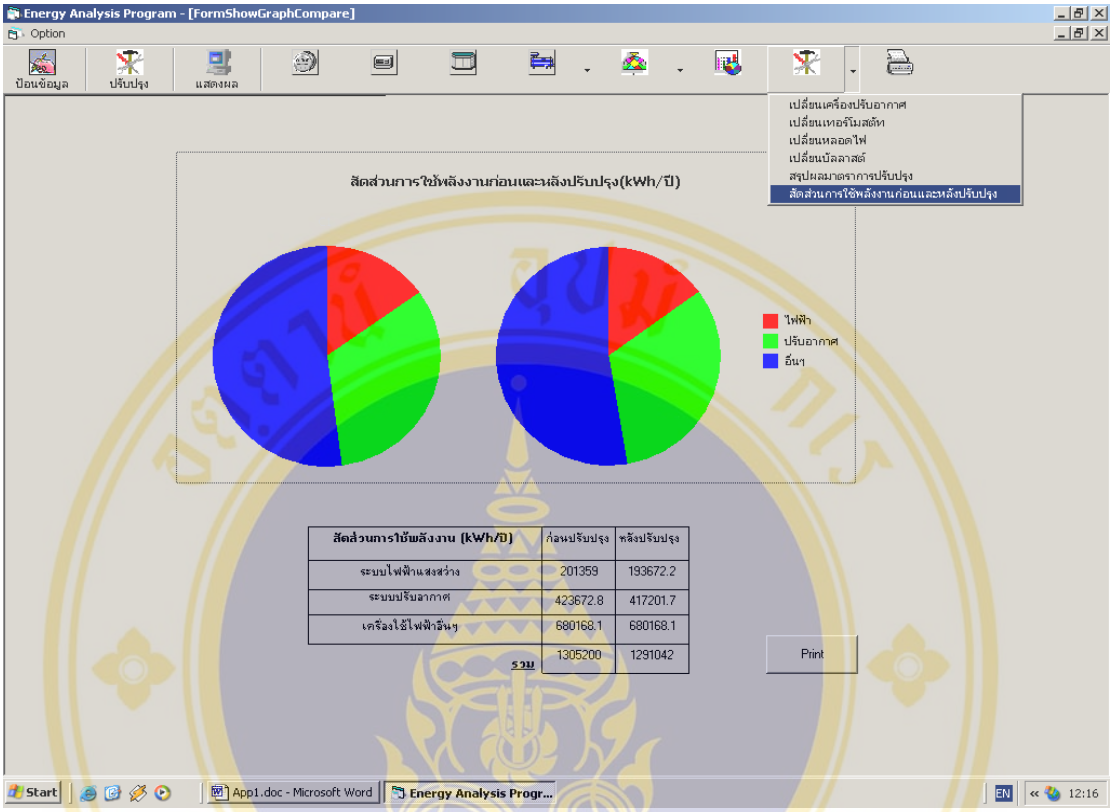


หน้าจอรายงานสรุปการดำเนินการเปลี่ยนบัลลาสต์



หน้าจอรายงานสรุปการดำเนินการปรับปรุงรวมทุกมาตราการ

Copyright by Mahidol University



หน้าจอรายงานสัดส่วนการใช้พลังงานการก่อนและหลังปรับปรุง

Copyright by Mahidol University

แบบสอบถามความคิดเห็นสำหรับผู้ใช้โปรแกรม

<u>คำชี้แจง</u> กรุณาขีดเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ใช้ระบบ

1. อายุ_____ปี 2. เพศ ◯ ชาย ◯ หญิง

3. ประสบการณ์การใช้เครื่องคอมพิวเตอร์

◯ เคย ◯ ไม่เคย

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นในการใช้งานโปรแกรม

คำถาม	ดีมาก	ดี	พอใช้	ปรับปรุง
1.ประเมินความคิดเห็นในส่วนการติดต่อกับผู้ใช้				
- ข้อความหรือคำอธิบายบนเมนูและหน้าจอ ง่ายต่อความเข้าใจ				
- ความสะดวกในการป้อนข้อมูล				
2.ประเมินความคิดเห็นในส่วนการทำงานของระบบ				
- ประมวลผลข้อมูลได้รวดเร็วและทันความต้องการ				
- ข้อมูลที่ได้มีความถูกต้องแม่นยำ				
- ความสะดวกรวดเร็วในการค้นหาข้อมูล				
- รายงานที่ได้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้				
- ความยืดหยุ่นในการใช้งาน				
3.ประโยชน์ที่ได้รับ				
- ลดข้อผิดพลาดการทำงานของระบบเดิม				
- ลดการใช้เวลาในการทำงาน				
- ลดจำนวนแรงงานของเจ้าหน้าที่				

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....

.....

.....

.....

ปัญหาและอุปสรรค.....

.....

.....

.....

Copyright by Mahidol University

BIOGRAPHY

NAME	Mr. Tanade Chaisit
DATE OF BIRTH	August 23, 1977
PLACE OF BIRTH	Bangkok, Thailand
INSTITUTIONS ATTENDED	Kasetsart University (1995-1998) Bachelor of Engineering (Mechanical Engineering) Mahidol University (2000-2004) Master of Science (Information System Management)

Copyright by Mahidol University