



การพัฒนาระบบนำร่องและแผนที่พลังงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

Develop of Computer Programming of Energy Mapping and Navigation System

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ตีเกะ บุนนาค
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

พ.ศ. 2554

**Develop of Computer Programming
of Energy Mapping and Navigation System.**



Asst. Prof.Dr. Tika Bunnag

**This research was funded from Drurakijbundit University
2011**

Title : Develop of Computer Programming of Energy Mapping and Navigation System.

Researcher : Asst. Prof.Dr. Tika Bunnag Institution : Dhurakijpundit University

Year of Publication : 2011

Publisher : Dhurakijpundit University

Source : Faculty of Engineerin Dhurakijpundit University

Copy Right : Dhurakijpundit University

No. of pages : 64 page

Abstract

The Green Buildings Performance Assessment in Thailand was developed with the objective to evaluate Carbon Dioxide emissions from Green Buildings for support carbon credits scheme. The Green Building Performance Assessment has been developed with guideline manual and emission calculation tool. The assessment forms are categorized into 8 groups with 11 prerequisite and 40 credit points. Then, weighted score with AHP Method by 100 points. To achieve the assessment certification, buildings must meet all prerequisite in the rating system and earn a minimum of 50% from full mark. The ranking has 4 levels: 50 – 59 % (Pass); 60 – 69 % (Good); 70 – 79% (Very Good); and 80 – 100 % (Excellence), respectively. The form was tested with case study building and testing result showed that 51.48 % score. There are 4,900,290.00 kgCO₂ emission that less than standard and to be carbon credit 242,111.77 kgCO₂ for accommodate situations in which the countries that are members of the Kyoto protocol with all obligations to reduce carbon dioxide.

Keyword : Energy Map / Navigation system/Energy information system

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้ประสบผลสำเร็จได้ด้วยความร่วมมืออย่างดียิ่งของทุกคนที่ร่วมแรงร่วมใจในการพัฒนาระบบนำร่องและแผนที่พลังงานทั้งนักศึกษาในสาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคารและในสาขาวิชาการจัดการพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ และ ขอขอบคุณอาจารย์ วีระชน วังกาวิรี ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์แอนิเมชันและเกมส์ ที่ได้ช่วยเหลือในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้ทำให้งานนี้ประสบความสำเร็จได้ด้วยดี ทางผู้ทำการวิจัยขอขอบคุณทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

ขอขอบคุณทุกท่านที่สนใจในการสนับสนุนและมอบความอบอุ่นรวมถึงมิตรไมตรีจากทั้งเพื่อนๆอาจารย์และลูกศิษย์ในสาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอาคารและสาขาวิชาการจัดการพลังงานทุกคน รวมถึงครอบครัวที่ทำให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการทุกอย่างมาได้จนเสร็จสิ้น

ท้ายที่สุดการวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์ขอขอบคุณไว้ ณ
ที่นี่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ติกะ บุญนาค

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ง
กิตติกรรมประกาศ	จ
สารบัญเรื่อง	ฉ
สารบัญตาราง	ช
สารบัญภาพ	ซ
รายการสัญลักษณ์	ณ
บทที่	
1. บทนำ	
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	6
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	6
2. ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ข้อมูล สารสนเทศและระบบสารสนเทศ	13
2.2 การพัฒนาระบบงานสารสนเทศ	13
2.3 ระบบการจัดการพลังงาน	15
2.4 การดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย	18
2.5 การใช้พลังงานในอาคาร	18
2.6 อัตราค่าไฟฟ้า	20
2.7 ดัชนีการใช้พลังงาน	25
2.8 การตรวจสอบการใช้พลังงาน	27
2.9 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง	28
3. วิธีการดำเนินการศึกษาและพัฒนาโปรแกรม	
3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาโปรแกรม	32
3.2 การศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรม	32
3.3 ขอบเขตการทำงานของโปรแกรม	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.4 ลำดับการทำงานของโปรแกรม	34
	3.5 การออกแบบโปรแกรม	36
	3.6 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม	37
	3.7 การออกแบบฐานข้อมูล	38
4.	ผลการศึกษา	
	4.1 โปรแกรม Energy Navigation and Mapping	43
	4.1.1 รายละเอียดส่วนของอาคาร	43
	4.1.2 รายละเอียดส่วนของระบบปรับอากาศ	47
	4.1.3 รายละเอียดส่วนของระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	48
	4.1.4 รายละเอียดส่วนของระบบสื่อการเรียนการสอน	49
	4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม	50
5.	สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	
	5.1 สรุปผลการศึกษา	59
	5.2 อภิปรายผลการศึกษา	60
	5.3 ข้อเสนอแนะ	61
บรรณานุกรม		64
ประวัตินักวิจัย		67

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอาคารประเภทต่างๆ	19
2.2	แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยในอาคารประเภทต่างๆแบ่งตามระบบ	20
2.3	ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ	23
2.4	อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day, TOD)	24
2.5	อัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตรา TOU	24
3.1	Building เก็บข้อมูลของอาคาร	38
3.2	Floor เก็บข้อมูลของห้อง/พื้นที่	39
3.3	Room Type เก็บข้อมูลประเภทของห้อง/พื้นที่	39
3.4	Setting เก็บข้อมูลการตั้งของการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในส่วนย่อย	40
3.5	System เก็บข้อมูลการตั้งค่ารายละเอียดของอุปกรณ์ในส่วนย่อย	40
3.6	System_type เก็บข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของอุปกรณ์	41
3.7	User_info เก็บข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของอุปกรณ์	41
4.1	แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาพรวม (Global Energy Map, GEM)	54
4.2	แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาค	55
4.3	แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่เขต	57
4.4	แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่เขตย่อย	58

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
1.1	ค่าประมาณช่วงกลางปีของประชากรของโลก	1
1.2	ปริมาณการใช้พลังงานเทียบเท่าฟันทันน้ำมันดิบของโลก	2
1.3	ค่าประมาณช่วงกลางปีของประชากรของประเทศไทย	2
1.4	ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากน้ำมันดิบที่ใช้ (% มวลรวมต่อปี)	3
1.5	ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อใช้ในประเทศ (% มวลรวมต่อปีที่นำเข้า)	3
1.6	Energy Management System , EMS	4
2.1	แสดงขั้นตอนของวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ	15
2.2	ขั้นตอนการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน	18
2.3	สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของอาคาร	19
3.1	โครงสร้างของระบบภายในโปรแกรม	33
3.2	ลำดับการทำงานของโปรแกรม	35
3.3	สถาปัตยกรรมของโปรแกรม	37
3.4	State diagram แสดงการทำงานทำงานของโปรแกรม	38
4.1	การเพิ่มส่วนของอาคารลงในฐานข้อมูล	44
4.2	การเพิ่มข้อมูลของของอาคารที่ต้องการ	44
4.3	แสดงข้อมูลของอาคารที่บันทึกในหน้าโปรแกรม	45
4.4	การเพิ่มห้องของแต่ละชั้นในส่วนของอาคาร	45
4.5	การเพิ่มข้อมูลห้องของแต่ละชั้นของอาคารและประเภทของห้องในอาคารในฐานข้อมูล	46
4.6	แสดงผลชื่อห้องที่บันทึกในฐานข้อมูล	46
4.7	การเพิ่มข้อมูลระบบปรับอากาศของห้อง	47
4.8	การบันทึกข้อมูลระบบปรับอากาศ	48
4.9	การเพิ่มข้อมูลระบบไฟฟ้าส่องสว่างของห้อง	48
4.10	การบันทึกข้อมูลระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	49
4.11	การเพิ่มข้อมูลระบบสื่อการเรียนการสอนของห้อง	49
4.12	การบันทึกข้อมูลระบบสื่อการเรียนการสอน	50
4.13	อาคาร 1 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	51
4.14	อาคาร 2 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	51
5.1	แสดงการผสมผสานการจัดการระบบจัดการพลังงานสำหรับอาคาร	63

รายการสัญลักษณ์

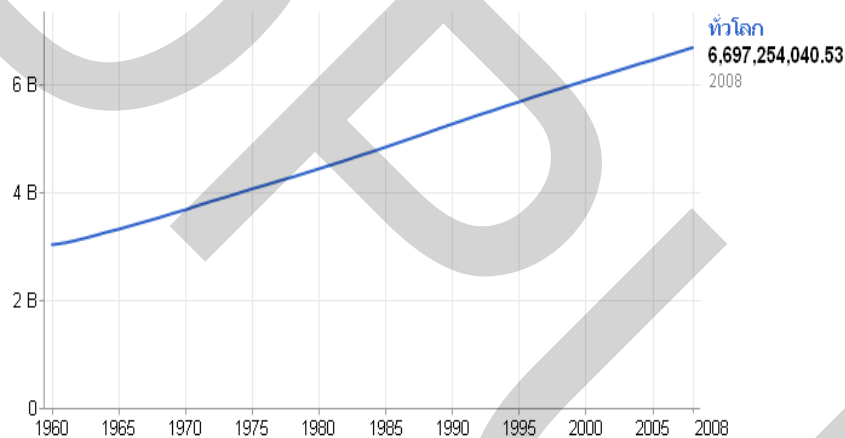
V	แรงดันไฟฟ้า (V)	21
P	กำลังไฟฟ้า (W)	21
I	กระแสไฟฟ้า (A)	21
E	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	21
T	ระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (ชั่วโมง)	21
VA	พลังไฟฟ้าปรากฏ	21
Var	พลังไฟฟ้าเสมือน	21
PF	ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์	22
EGAT	การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	22
TOD	อัตราตามช่วงเวลาของวัน	23
TOU	อัตราตามช่วงเวลา ของการใช้	23
PEAK	ค่าสูงสุด	23
SEC	ดัชนีการใช้พลังงาน	26
E_u	ปริมาณพลังงานที่ใช้	26
P_p	ผลผลิตที่ได้	26
EUI	Energy Use Index	26
GUI	Graphics User Interface	37
A	ระบบปรับอากาศ	43
L	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	43
FLR(L)	โคมไฟมีแผ่นสะท้อนแสงใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์	43
EE	ระบบสื่อการเรียนการสอน	43
GEM	Global Energy Map	52
LEM	Local Energy Map	52
ZEM	Zone Energy Map	53
SEM	Sub Zone Energy Map	53
EMS	Energy Management System	60

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มา

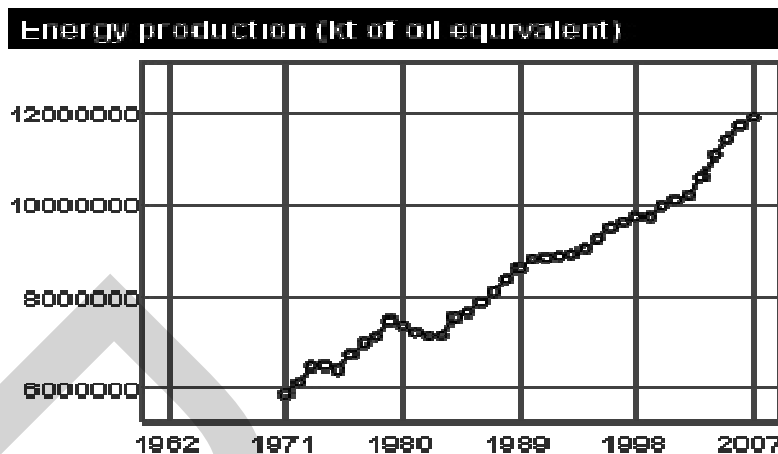
มนุษย์รู้จักการใช้พลังงานเพื่อสร้างความสุขสบาย และการผลิตรวมถึงการคมนาคม และขนส่ง พลังงานกลายเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญที่สุดของมนุษย์รวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจ การเพิ่มผลผลิตของประเทศ การคมนาคมขนส่ง ด้านการบริการ ด้านเกษตรกรรมกลไกกรรม ด้านอุตสาหกรรม ด้านธุรกิจต่างๆทุกประเภท ไปจนถึงในระดับหน่วยย่อยในครัวเรือนหรือที่พักอาศัย ดังนั้นเมื่อประชากรในโลกมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (รูปที่ 1.1) ส่งผลให้ความต้องการใช้พลังงานของโลกมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ



รูปที่ 1.1 ค่าประมาณช่วงกลางปีของประชากรของโลก

ที่มา: <http://www.google.com/publicdata>

เมื่อพิจารณาความต้องการการใช้พลังงานของโลกจากข้อมูลของธนาคารโลกพบว่า ปริมาณความต้องการพลังงานของโลก ในปี 2007 มีปริมาณมากถึง 11,926,364,000.8 ตันน้ำมันดิบ เทียบเท่า (รูปที่ 1.2) ที่ปริมาณประชากรในโลก 6,619,730,158 คน

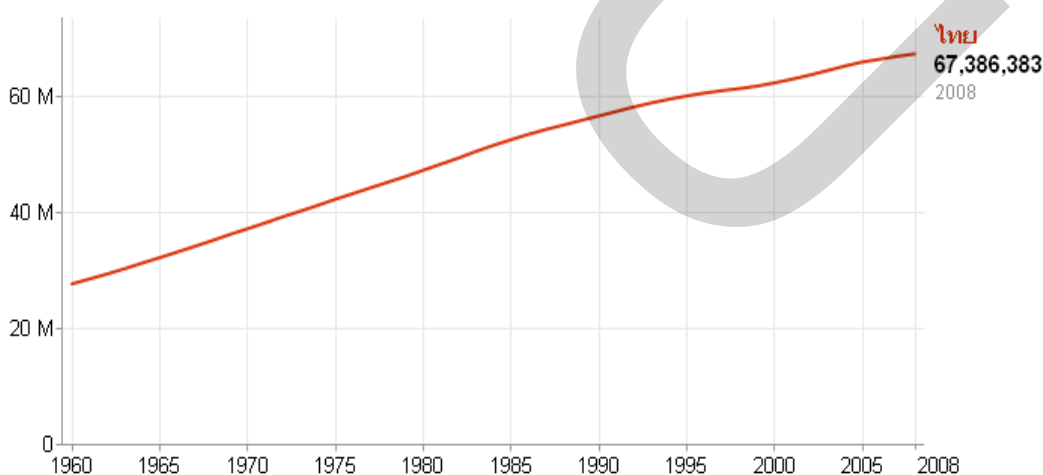


รูปที่ 1.2 ปริมาณการใช้พลังงานเทียบเท่าฟันทันน้ำมันดิบของโลก

ที่มา: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PROD.KT.OE/countries?display=graph>

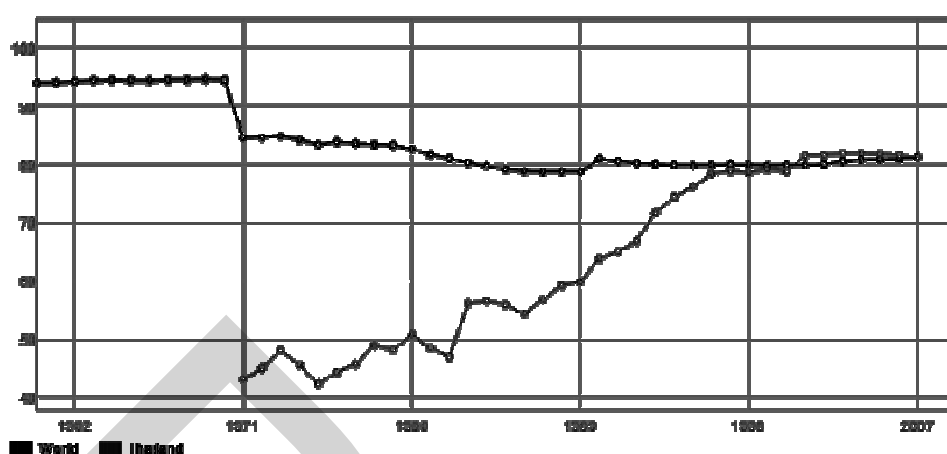
ดังนั้นเมื่อพิจารณาปริมาณการใช้พลังงานเทียบเท่าปริมาณน้ำมันดิบต่อปีที่เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องประกอบกับการขยายตัวของเศรษฐกิจ ความเจริญทางด้านเทคโนโลยี พบว่ามีการใช้พลังงานแปรผันตรงกับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นของโลก

เมื่อพิจารณาในระดับประเทศพบว่าประเทศไทยมีจำนวนการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว(รูปที่ 1.3) และมีปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นอย่างมากเช่นเดียวกัน



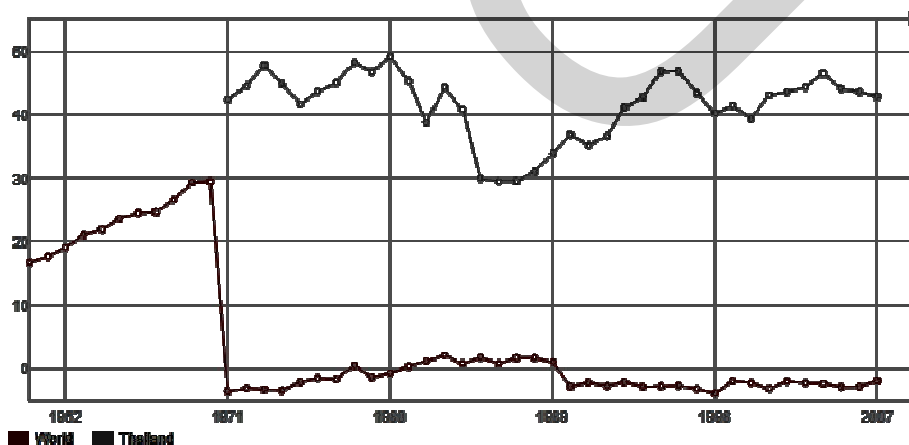
รูปที่ 1.3 ค่าประมาณช่วงกลางปีของประชากรของประเทศไทย

ที่มา: <http://www.google.com/publicdata>



รูปที่ 1.4 ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากน้ำมันดิบที่ใช้ (% มวลรวมต่อปี)
ที่มา: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS/countries/1W-TH?display=graph>

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาข้อมูลจากศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลธนาคารโลก (รูปที่ 1.4) ปริมาณการผลิตพลังงานจากน้ำมันดิบเป็น เปรอร์เซ็นต์มวลรวมเพื่อการผลิตพลังงานไฟฟ้าภายในประเทศไทยเมื่อเทียบกับภาพรวมของทั้งโลกในปี 2000 พบว่ามีการใช้น้ำมันดิบเป็นหลักซึ่งประเทศไทยยังไม่มีแหล่งน้ำมันดิบที่มากกว่าความต้องการของการใช้น้ำมันดิบในระดับโลกแสดงให้เห็นถึงความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มากขึ้นอีกทั้งเมื่อพิจารณาการนำเข้าน้ำมันดิบของไทย (รูปที่ 1.5) พบว่ายังต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศทำให้ต้องสูญเสียงบประมาณในการนำเข้าน้ำมันดิบเป็นจำนวนมหาศาล



รูปที่ 1.5 ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อใช้ในประเทศ (% มวลรวมต่อปีที่นำเข้า)
ที่มา: <http://data.worldbank.org/indicator/EG.IMP.CON.S.ZS/countries/1W-TH?display=graph>

ดังนั้นแนวโน้มการใช้พลังงานที่เพิ่มมากขึ้นอย่างสม่ำเสมอดังกล่าวรัฐบาลจึงเริ่มหันมา มองปัญหาทางด้านพลังงาน โดยจุดเริ่มต้นของการอนุรักษ์พลังงานเริ่มต้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2516 ซึ่ง ขณะนั้นทั่วโลกเกิดวิกฤตการณ์พลังงานน้ำมัน โดยน้ำมันมีราคาปรับตัวสูงมากอันเนื่องมาจากผล ของสงครามในประเทศตะวันออกกลาง จึงได้มีการกำหนดมาตรการเพื่อแก้ไขการขาดแคลนน้ำมัน เชื้อเพลิง หลังจากนั้นประเทศไทยได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์ พลังงานปี พ.ศ. 2535 โดยมีเจตนารมณ์ที่จะส่งเสริมให้มีการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมี ประสิทธิภาพและประหยัดตลอดจนการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมทั้งวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์ พลังงานขึ้นในประเทศและให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานอย่างเป็นรูปธรรม โดยใช้มาตรการช่วยเหลือ ควบคู่ไปกับการให้สิ่งจูงใจ

พระราชบัญญัติเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550) ซึ่งมีการบังคับให้อาคารและโรงงานที่มีการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไป หรือติดตั้งหม้อแปลงรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,175 kVA ขึ้นไป เป็นอาคารและ โรงงานควบคุม โดย ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะต้องส่งข้อมูลเกี่ยวกับการผลิตการใช้พลังงานและกำหนด เป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานส่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ตาม ระยะเวลาที่พระราชบัญญัติกำหนดไว้ โดยอาคารควบคุมจะต้องจัดส่งทำรายงานการอนุรักษ์ พลังงานส่งทุกปีโดยมีแผนการทำงานที่เรียกว่า Energy Management System ซึ่งมาจาก ISO 50001 ซึ่งมี 8 ขั้นตอนดังรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 Energy Management System , EMS

เมื่อพิจารณาทั้งสี่ส่วนเห็นได้ชัดว่าในขั้นตอนที่ 4 จำเป็นต้องมีรายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบต่างๆในอาคารหรือโรงงานทั้งหมด ไม่ว่าจะเป็นระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบไฟฟ้ากำลังและระบบอื่น ๆ ที่มีการใช้พลังงาน เช่น มอเตอร์ที่มีขนาดตั้งแต่ 5 kW ขึ้นไป เป็นต้น การจัดทำรายละเอียดข้อมูลต้องทราบถึงประเภทของอุปกรณ์ในทุกๆระบบ ขนาดของอุปกรณ์ พิกัดพลังไฟฟ้า ชนิดของหลอดไฟ จำนวนหลอดไฟและชั่วโมงการใช้งาน

ปัจจุบันอาคารและโรงงานควบคุมจะประสบปัญหาในด้านการบันทึกข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์ทั้งหมดในอาคารรวมทั้งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในแต่ละอุปกรณ์เพื่อบันทึกลงในตาราง ประเมินความมีนัยสำคัญของอุปกรณ์ ดังนั้น โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสร้างฐานข้อมูลสารสนเทศทางด้านพลังงานจึงเป็นสิ่งที่ช่วยในการบันทึกข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์และสามารถปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆในอาคารรวมทั้งสามารถประเมินรายละเอียดของการใช้พลังงานในอาคารได้ ซึ่งเป็นระบบที่เรียกว่าแผนที่พลังงาน (Energy Mapping Program, EMP) เพื่อเป็นอุปกรณ์ในการช่วยค้นหา และประเมินปริมาณการใช้พลังงานในอาคารซึ่งจะแบ่งเป็นเขตต่างๆของอาคารที่จะทำให้สามารถดูได้ง่ายเรียกใช้ได้สะดวกยิ่งขึ้นอีกทั้งยังสามารถเปลี่ยนแปลงและประเมินค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคาร (Energy Navigation System, ENS) ซึ่ง โปรแกรมจะประเมินค่าเป็นกรณีการใช้พลังงานเฉพาะ (Specific Energy Consumption, SEC) ในพื้นที่ต่างๆ โดยดูได้ทั้งภาพรวมจนถึงภาพย่อยเป็นรายอุปกรณ์ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะอำนวยความสะดวกแก่ผู้ใช้งานในการจัดการใช้อาคารพื้นที่ในอาคารให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงาน ดังนั้นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ซึ่งเป็นการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้งานด้านการสร้างฐานข้อมูลพลังงานสำหรับอาคารเรียน โดยใช้วิธีแผนที่พลังงานแบบตาราง ซึ่งข้อมูลรายละเอียดทั้งหมดจะถูกบันทึกลงในระบบแผนที่พลังงานแบบตารางและสามารถเรียกใช้และประเมินค่าต่างๆได้ เพื่อสะดวกในการใช้งานและค้นหารายละเอียดของข้อมูลและการใช้พลังงานในอาคาร

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

- 1) พัฒนาระบบข้อมูลด้านพลังงาน โดยใช้วิธีแผนที่และระบบนำร่องด้านพลังงาน เพื่อใช้กับอาคาร
- 2) ประเมินปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากฐานข้อมูลด้านพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษาโดยใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

- 1) พัฒนาโปรแกรมที่จัดทำฐานข้อมูลด้านพลังงานแบบแผนที่และระบบนำร่องด้านพลังงานสำหรับอาคาร
- 2) ในการศึกษาจะทดสอบโปรแกรมกับอาคารเรียน 1 และ 2 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์เท่านั้น โดยแบ่งพื้นที่ในอาคาร ตามชั้น ขนาดพื้นที่ จำนวนที่นั่งมาตรฐานของห้องเรียน และห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์
- 3) แผนที่พลังงานแบบตารางที่พัฒนาขึ้นจะจัดทำในส่วนของการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อสารการเรียนการสอนของห้องเรียน ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์และระบบลิฟต์โดยสารของอาคารเรียน
- 4) การจัดทำฐานข้อมูลด้านพลังงานโดยใช้วิธีแผนที่พลังงานแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารและข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ในแต่ละระบบ เท่านั้น
- 5) การศึกษาได้ใช้ข้อมูลอุปกรณ์และค่าไฟฟ้าในช่วงปีการศึกษา 2553

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษา

- 1) สามารถนำไปใช้ในการจัดการการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ให้เกิดความเหมาะสมระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้ากับจำนวนนักศึกษาในห้องเรียนได้
- 2) ผู้ใช้ฐานข้อมูลด้านพลังงานในอาคารสามารถค้นหาข้อมูลและประเมินการใช้พลังงานในทุกระดับตั้งแต่ระดับกลุ่มอาคาร จนถึงระดับรายอุปกรณ์ได้
- 3) เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการด้านพลังงานในอาคาร
- 4) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์การใช้พลังงานและวางมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานให้ เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ
- 5) ใช้ในการประเมินค่าพลังงานไฟฟ้าในการใช้ห้องในแต่ละห้องตามชั่วโมงการใช้งาน
- 6) ประยุกต์ใช้เพื่อจัดทำข้อมูลรายละเอียดการอนุรักษ์พลังงานตาม พรบ. เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ. 2535(ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานศึกษาที่เกี่ยวข้อง

ในการทำงานด้านพลังงานที่ผ่านมาของประเทศไทยนับตั้งแต่มีการใช้พระราชบัญญัติ เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานปี พ.ศ. 2535 มีการทำงานทั้งด้าน วิจัยและพัฒนา การอนุรักษ์ พลังงานในอาคาร และโรงงาน รวมถึงการประชาสัมพันธ์ผ่านสื่อต่างๆมากมาย การดำเนินการ พัฒนาระบบสารสนเทศพลังงานนั้นต้องมีแหล่งข้อมูลด้านพลังงานที่มีความจำเป็นต่อการทำงาน ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมซึ่งในประเทศไทยมีหน่วยงานและสถาบันที่ทำงานด้านพลังงานและ สิ่งแวดล้อมที่มีการวางระบบสารสนเทศในภาพรวมดังนี้ (ที่มา: <http://nstda.or.th/index.php/nstda-knowledge/1771-energy-environment-thailand>, Last Updated on Sunday, 10 October 2010 19:53)

1. กระทรวงพลังงาน ประกอบด้วย 4 หน่วยงาน คือ กรมเชื้อเพลิงธรรมชาติ กรมธุรกิจ พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์ทดแทน และสำนักนโยบายและแผน พลังงาน ทำหน้าที่ในการศึกษา สำรวจ วิเคราะห์ ประเมินศักยภาพ ติดตามสถานการณ์ ประเมินผล และเป็นศูนย์ข้อมูลการพลังงาน กำหนดนโยบาย แผน และมาตรการด้าน พลังงาน จัดหาพลังงาน พลังงานทดแทน และพลังงานหมุนเวียน กำหนดมาตรการ กฎ ระเบียบ และกำกับดูแลควบคุมการดำเนินงานด้านพลังงาน
2. กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม จัดตั้งขึ้นตามพระราชบัญญัติปรับปรุง กระทรวง ทบวง กรม พ.ศ. 2545 ให้มีอำนาจหน้าที่เกี่ยวกับการสงวน อนุรักษ์ และฟื้นฟู ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม การจัดการใช้ประโยชน์ จึงมีภารกิจหลัก ในการ ประเมินสถานภาพและศักยภาพของทรัพยากรธรรมชาติทุกประเภท และความหลากหลาย ทางชีวภาพ สงวน อนุรักษ์ พัฒนา ฟื้นฟู เพื่อดำรงสภาพสมบูรณ์ของทรัพยากรธรรมชาติ และจัดการใช้ประโยชน์ เพื่อให้เกิดประโยชน์อย่างยั่งยืน สร้างกระบวนการเรียนรู้เพื่อให้ ชุมชนสามารถปกป้อง คุ้มครอง และฟื้นฟูสิ่งแวดล้อมชุมชน กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและ สิ่งแวดล้อมมีสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม รวมทั้ง กรมควบคุมมลพิษ ซึ่งเป็นหน่วยงานดำเนินงานดังกล่าว อยู่ในการกำกับดูแล

3. **องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก** จัดตั้งขึ้นตามมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ 15 พฤษภาคม พ.ศ. 2550 ที่เห็นชอบให้จัดตั้ง "องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (องค์การมหาชน)" หรือ อบก. ขึ้นภายใต้กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เพื่อวิเคราะห์ กลั่นกรอง และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการให้คำรับรอง โครงการที่ลดการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกตามกลไกการพัฒนาที่สะอาด รวมทั้งติดตามประเมินผล โครงการที่ได้รับคำรับรอง ส่งเสริมพัฒนาโครงการ และการตลาดซื้อขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง เป็นศูนย์กลางข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ดำเนินงานด้านก๊าซเรือนกระจก จัดทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับโครงการที่ได้รับคำรับรอง และการขายปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ได้รับการรับรอง ส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพ ตลอดจนให้คำแนะนำแก่หน่วยงานภาครัฐและภาคเอกชนเกี่ยวกับการบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก
4. **มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม หรือ มพส. (Energy for Environment Foundation (E for E))** จัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 15 มิถุนายน พ.ศ. 2543 จัดตั้งขึ้นเพื่อส่งเสริม และเผยแพร่เทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน และการใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และกิจกรรมสำคัญของ มพส. ได้แก่ การจัดตั้งและบริหารงานศูนย์ส่งเสริมพลังงานชีวมวล ซึ่งเป็นโครงการที่ได้รับการสนับสนุนในด้านต่างๆ จาก กองทุนสิ่งแวดล้อมโลก สำนักงานโครงการพัฒนาแห่งสหประชาชาติ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โครงการความช่วยเหลือระหว่างประเทศแห่งประเทศไทยเดนมาร์ก โดยมีสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน เป็นผู้บริหารโครงการ ติดตามกิจกรรมเกี่ยวกับพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม ได้ที่ <http://www.efe.or.th>
5. **มูลนิธิสถาบันพลังงานทดแทน เอทานอล-ไบโอดีเซล แห่งประเทศไทย** มูลนิธินี้ก่อตั้งขึ้นในปี พ.ศ. 2517 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและเผยแพร่ความรู้ความเข้าใจในวิทยาการด้านการนำพืชผลทางการเกษตรมาผลิตเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง รวมทั้งมีบทบาทในการเสนอนโยบายเพื่อพัฒนาเชื้อเพลิงเอทานอล ไบโอดีเซล ตลอดจนส่งเสริมและสนับสนุนกิจกรรมการปฏิบัติงานทางวิชาการ เพื่อพัฒนาความรู้และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาเชื้อเพลิงจากพืชผลทางการเกษตร สามารถติดตามข่าวสารและข้อมูลการผลิตพลังงานทดแทน ได้ที่ <http://www.ethanol-thailand.com>

6. สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย (สสท.) เป็นสถาบันวิชาการอิสระ เริ่มเปิดดำเนินการเมื่อเดือน พฤษภาคม พ.ศ. 2536 ในฐานะหน่วยปฏิบัติของมูลนิธิสิ่งแวดล้อมไทย มุ่งเน้นการทำหน้าที่เป็นแหล่งศึกษาวิจัยองค์ความรู้ด้านสิ่งแวดล้อมที่ทันสมัย ถูกต้อง และเชื่อถือได้ และผลักดันให้เกิดการประสานการทำงานร่วมกันระหว่างภาคีต่างๆ ในสังคม เพื่อเชื่อมโยงสู่การอนุรักษ์และพัฒนาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ให้เกิดความสมดุล และเพื่อให้สอดคล้องกับหน้าที่ความรับผิดชอบที่มีต่อสังคมไทย สถาบันฯ ได้ดำเนินกิจกรรมที่เสริมสร้างขีดความสามารถในงานที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อม ในกลุ่มผู้ด้อยโอกาสของสังคม ทั้งนี้เพื่อสนับสนุนจุดมุ่งหมายของประเทศที่จะแก้ไขปัญหาความยากจนในกรอบของการพัฒนาที่ยั่งยืน

7. โครงการเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (Thailand Energy and Environmental Network : TEENET) ได้รับความเห็นชอบในการให้การสนับสนุนโครงการจาก สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน (สนพ.) โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดตั้งโครงการ เพื่อตอบสนองความต้องการ ข้อมูลข่าวสารสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ที่มีทั้งจากหน่วยงานภาครัฐและเอกชน นอกจากนี้การจัดตั้งเครือข่ายดังกล่าว ยังช่วยลดความซ้ำซ้อนของการจัดเก็บข้อมูลสารสนเทศตลอดจนก่อให้เกิด การเผยแพร่ และการแลกเปลี่ยนข้อมูล ในลักษณะเครือข่ายที่ประสานงานกัน ทำให้สามารถตอบสนองความต้องการข้อมูลดังกล่าวได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพ โดยสมาชิกเครือข่ายในปัจจุบัน ประกอบด้วย 9 หน่วยงาน คือ

- TEENET-CU (จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) ระบบสารสนเทศด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย สถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาฯ รวบรวมสถิติด้านพลังงาน รวมถึงข้อมูล ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัย ด้านพลังงานของประเทศไทย ข้อมูลภูมิอากาศ ข้อมูลเศรษฐศาสตร์ ข้อเสนอแนะ และสารคดี เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน กระจายข่าวถามตอบปัญหาพลังงาน ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต
- TEENET-KMUTT (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี) งานบริการข้อมูลเทคนิค (TIS) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เป็นหน่วยงานหนึ่งที่ได้เข้าร่วม ในเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม ของประเทศไทย ข้อมูลที่หน่วยงาน TIS ได้จัดเก็บไว้ใน

ฐานข้อมูล จะเป็นข้อมูล ที่ได้ผ่านการคัดเลือกแล้ว ซึ่งจะเป็นข้อมูลทางวิชาการ ที่เกี่ยวกับด้านพลังงานทดแทน และด้านสิ่งแวดล้อม โดยจะเก็บรวบรวมข้อมูลในประเทศ และข้อมูลในภูมิภาคอาเซียน และข้อมูลที่ไม่มีในฐานข้อมูล ในระดับ **International** ท่านสามารถใช้บริการของ TIS โดยการสมัครเป็นสมาชิก ซึ่งปัจจุบันยังไม่มีการคิดค่าบริการสมาชิก

- **TEENET-KKU** (มหาวิทยาลัยขอนแก่น) โครงการศูนย์สารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยขอนแก่น ในระยะ 3 ปีแรกพัฒนาระบบสารสนเทศ 4 ฐานข้อมูล คือ ฐานข้อมูลผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อมฐานข้อมูลวิชาการ ด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของมหาวิทยาลัยขอนแก่น ฐานข้อมูลการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมขนาดย่อมในภาคอีสานและ ระบบสารสนเทศ ด้านแผนผังลมของประเทศไทย
- **TEENRT-AIT** (สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย) ศูนย์ข้อมูล ทรัพยากรพลังงานแห่งภูมิภาค (RERIC) สถาบันเทคโนโลยีแห่งเอเชีย (AIT) ร่วมอยู่ในเครือข่ายสารสนเทศ ด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม ของประเทศไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อถ่ายทอดความรู้ และเผยแพร่ข้อมูลด้านพลังงาน และสิ่งแวดล้อม ของประเทศไทยไปยังกลุ่มเป้าหมาย ทั้งในประเทศ และทั่วโลก ซึ่งข้อมูลที่เผยแพร่ นั้น จะเป็นฐานข้อมูลบรรณานุกรม ฐานข้อมูลด้านที่ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญองค์กร และฐานข้อมูลผู้ผลิต ผู้จำหน่ายอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยผู้ใช้บริการสามารถเข้าถึงข้อมูล โดยผ่านทาง **Internet** นอกจากนี้ทาง RERIC ยังเผยแพร่ข้อมูล ของการสัมมนาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง กับพลังงาน และสิ่งแวดล้อม และได้วางแผน การรณรงค์ ให้ความรู้ เพื่อให้คนหันมาใส่ใจทางด้านพลังงานทดแทน โดยผ่านทางสื่อโฆษณา ต่างๆ เช่น โปสเตอร์, จดหมายข่าว, แผ่นพับ, วิดีโอและ **Internet**
- **TEENET-CMU** (มหาวิทยาลัยเชียงใหม่) โครงการเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย เครือข่ายมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (TEENET-CMU) จัดตั้งโดยศูนย์บริการข้อมูลเทคโนโลยีที่เหมาะสมสำหรับภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (RISE-AT) ภายใต้สถาบันวิจัยและพัฒนา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ร่วมกับคณะวิทยาศาสตร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ (BTC) และสถานจัดการ และอนุรักษ์พลังงาน (EMAC) ของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยมีวัตถุประสงค์ ในการลดความซ้ำซ้อนในการจัดเก็บข้อมูล เพิ่มประสิทธิภาพและความ รวดเร็วของกระบวนการค้นหา ถ่ายทอด และแลกเปลี่ยนข้อมูลเทคโนโลยีด้าน พลังงานและสิ่งแวดล้อมผ่านระบบอินเทอร์เน็ต เน็ต

- **TEENET-CMU** เน้นการคัดเลือกข้อมูลเกี่ยวกับพลังงานและสิ่งแวดล้อมที่ เหมาะสมและสามารถนำมาอ้างอิงหรือประยุกต์ใช้ประโยชน์ได้ ซึ่ง ประกอบด้วยฐานข้อมูลหลัก 4 ฐานข้อมูลดังนี้
 - * ฐานข้อมูลเทคโนโลยีก๊าซชีวภาพ
 - * ฐานข้อมูลการอนุรักษ์พลังงาน
 - * ฐานข้อมูลการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ
 - * ฐานข้อมูลพลังงานความร้อนใต้พิภพ
- **TEENET-DEDE** (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน) ศูนย์บริการสารสนเทศ ด้านประสิทธิภาพและการอนุรักษ์พลังงาน (**Thailand Energy Efficiency Information Service**) เป็นศูนย์บริการและเผยแพร่ข้อมูล ข่าวสารความรู้ด้าน การอนุรักษ์พลังงานอีกทั้งยังเป็นตลาดกลางในการ ส่งเสริมธุรกิจการอนุรักษ์ พลังงาน โดยจัดทำฐานข้อมูลประกอบด้วย กฎหมาย ที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน โครงการวิจัยพัฒนาด้านพลังงาน เทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงาน การฝึกอบรมด้านการ อนุรักษ์พลังงาน คณิต การใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจ รวมถึงซอฟต์แวร์โปรแกรม ต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น
- **TEENET-FTI** (สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย) เป็นหน่วยงานหนึ่งในการทำหน้าที่สนับสนุนนโยบายของ ภาครัฐในการดำเนินการ เพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานในภาคอุตสาหกรรม และการบริหารจัดการพลังงานของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อ ประโยชน์ในด้านการพัฒนาภาคอุตสาหกรรมและเศรษฐกิจของประเทศอย่าง

ยิ่งขึ้น และมีบทบาทในด้านการจัดทำระบบฐานข้อมูลสถิติพลังงานของภาคอุตสาหกรรม รวมถึงการเผยแพร่ข้อมูลวิชาการเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน โดยร่วมเป็นส่วนหนึ่งใน เครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (TEENET) ภายใต้การสนับสนุนของ กองทุนเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน(สนพ.)

- TEENET-EFE มูลนิธิพลังงานเพื่อสิ่งแวดล้อม หรือ Energy for Environment Foundation (E for E) เป็นหน่วยงานอิสระที่มีได้มุ่งแสวงหากำไร จัดตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 1 พฤษภาคม 2543 โดยมีวัตถุประสงค์หลักในการสาธิตและเผยแพร่เทคโนโลยีอนุรักษ์พลังงาน การใช้พลังงานหมุนเวียนที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อย ส่งเสริมการนำพลังงานหมุนเวียนโดยเฉพาะวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรมาใช้เพื่อ การผลิตไฟฟ้าและพลังงาน เผยแพร่ความรู้ แนวความคิด และวิทยาการใหม่ๆ รวมทั้งดำเนินกิจกรรมอื่นๆ ที่จะเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการสนับสนุนงานตามนโยบายของรัฐ
- TEENET-TEI (สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย) โดยฝ่ายพลังงาน อุตสาหกรรมและสิ่งแวดล้อม (EIP) เป็นเครือข่ายหนึ่งของโครงการเครือข่ายสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อม ของประเทศไทย (TEENET) มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตั้งฐานข้อมูลด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเชื่อมโยงกับ ระบบเครือข่ายและการให้บริการ รวมถึงการสื่อสารเผยแพร่และแลกเปลี่ยนข้อมูลสารสนเทศด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมไปยังกลุ่มเป้าหมายต่างๆทั้งในประเทศและต่างประเทศผ่านทาง Internet โดยมีจุดเด่นอยู่ที่การประยุกต์ใช้ฐานข้อมูลด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมเข้ากับระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เพื่อให้ทราบถึงสถานการณ์และโครงการทางด้านพลังงานในรูปแบบแผนที่ อันจะเป็นประโยชน์ในการกำหนดนโยบาย และวางแผนทางด้านพลังงาน รวมทั้งโครงการและพื้นที่ที่ควรให้การสนับสนุนในอนาคต

อย่างไรก็ตามในการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานเฉพาะส่วนขององค์กรนั้นยังไม่มี การพัฒนาระบบนี้อย่างจริงจังมีแต่การใช้ระบบ อาคารอัจฉริยะ (Buildings Automation System ; BAS)

หรือใช้ Program บริหารจัดการงานบำรุงรักษาระบบอาคารเข้ามาช่วย การทำระบบสารสนเทศด้านพลังงานในรายละเอียดทุกอุปกรณ์โดยจัดแบ่งเป็นพื้นที่และสามารถประเมินการใช้พลังงานรายพื้นที่ได้นั้นมีรายละเอียดทางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

2.1 ข้อมูล สารสนเทศและระบบสารสนเทศ (จิตติมา, 2544:3)

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานนั้นต้องทำความเข้าใจถึงพื้นฐานของข้อมูลและระบบสารสนเทศรวมถึงแนวทางในการพัฒนาระบบสารสนเทศดังนี้

2.1.1 ข้อมูล

ข้อมูล หมายถึง ข้อเท็จจริงที่เกิดขึ้นและอยู่ในชีวิตประจำวันซึ่งอาจเกี่ยวข้องกับบุคคล วัตถุ สิ่งของหรือกล่าวถึงเหตุการณ์ต่างๆ ได้ทั้งหมด ดังนั้นข้อมูลจึงเป็นได้ทั้งตัวเลข เช่น ปริมาณ จำนวน ระยะทาง หรือข้อมูลเป็นรูปแบบอื่นๆ ได้แก่ ตัวอักษร ข้อความ ภาพ หรือเสียง เป็นต้น ดังนั้นข้อมูลจึงเป็นพื้นฐานสำคัญของระบบสารสนเทศและข้อมูลจะต้องเป็นข้อเท็จจริงที่ถูกต้อง ครบถ้วนทุกด้าน อีกทั้งยังต้องเชื่อถือได้จึงจะทำให้ได้ระบบสารสนเทศที่สมบูรณ์ที่สุด

2.1.2 สารสนเทศและระบบสารสนเทศ

สารสนเทศ หมายถึง ข้อมูลที่ได้ผ่านการประมวลผล วิเคราะห์หรือสรุป ให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายที่สมบูรณ์พร้อมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ

ระบบสารสนเทศ เป็นระบบข้อมูลที่ได้ผ่านการประมวลผลเพื่อให้ได้มาซึ่งสารสนเทศที่ต้องการเพื่อช่วยในการปฏิบัติงานในองค์กร โดยระบบสารสนเทศจะใช้ข้อมูลนำเข้ามาประมวลเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ดังนั้นระบบสารสนเทศจึงเป็นเครื่องมือหลักที่จำเป็นในการดำเนินงานขององค์กรต่างๆ ในปัจจุบัน ระบบสารสนเทศที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติ ที่มีความถูกต้องเชื่อถือได้สูงและสามารถทำการตรวจสอบได้มีความสมบูรณ์ทันต่อการใช้งานหรือทันเวลา อีกทั้งยังต้องมีความกระชับและมีความครบถ้วนในตัวเองมีข้อมูลต่างๆที่สมบูรณ์ตรงกับความต้องการใช้งานรวมถึงสามารถสืบค้นเรียกดูได้ง่าย สะดวกรวดเร็วจึงมีการนำคอมพิวเตอร์เข้ามาทำการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลในระบบสารสนเทศ

2.2 การพัฒนาระบบงานสารสนเทศ (กิตติ-จำลอง, 2542: 95)

ในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศโดยทั่วไปนั้นจะดำเนินการตามขั้นตอนต่างๆ ที่ถูกกำหนดไว้ใน System Development Life Cycle (SDLC) แต่เนื่องจากระบบการพัฒนาวงจรชีวิต

(SDLC) มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี ดังนั้น รายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ จึงแตกต่างกันไปตามกระบวนการของ SDLC ที่นักพัฒนาระบบงานสารสนเทศจะเลือกนำมาใช้ SDLC ที่นิยมใช้กันในการพัฒนาระบบสารสนเทศนั้นประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. **Feasibility Study** เป็นข้อมูลเบื้องต้นที่เกี่ยวข้องกับการประเมินต้นทุนรวมถึงการเลือกวิธีต่างๆ ในการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ เพื่อให้มีความคุ้มค่ามากที่สุดในการพัฒนาระบบสารสนเทศนั้นๆ ขึ้นมา

2. **Requirement Collection and Analysis** เป็นขั้นตอนการจัดเก็บรวบรวมความต้องการต่างๆ จากผู้ใช้ (User's Requirement) เพื่อนำมาวิเคราะห์ และดำเนินการกำหนดขอบเขตของระบบที่พัฒนาขึ้น

3. **Design** เป็นการนำความต้องการต่างๆ ที่ได้จาก Requirement Collection and Analysis เพื่อนำมาใช้เป็นเงื่อนไขและข้อมูลในการออกแบบระบบสารสนเทศที่จะพัฒนาขึ้น

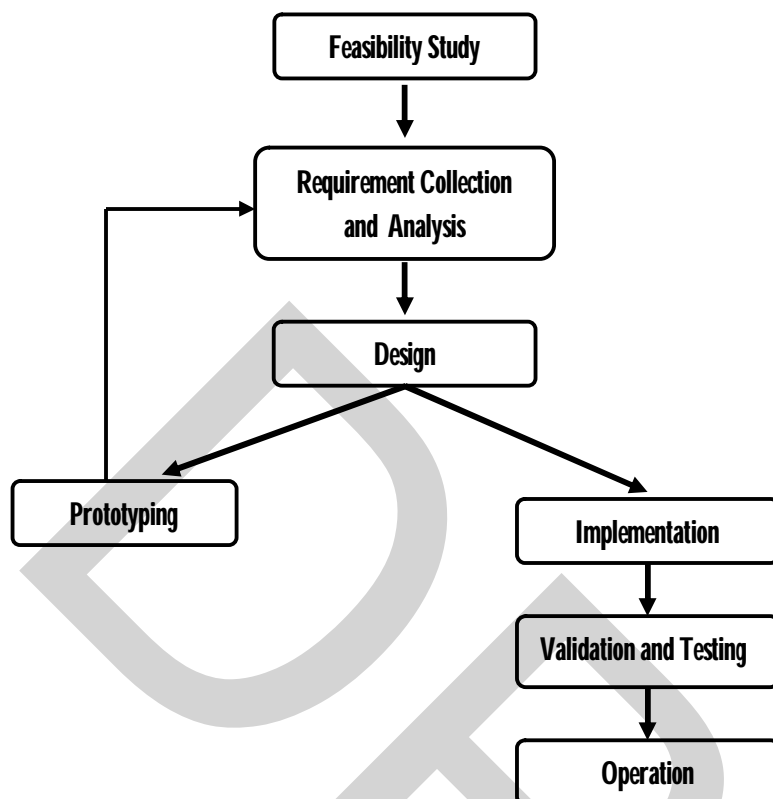
4. **Prototyping** เป็นการนำเอาส่วนประกอบต่างๆ ที่ได้จากออกแบบไว้ในส่วนของการ Design มาพัฒนาเป็นระบบต้นแบบของระบบงาน (Prototype) เพื่อนำไปทดลองใช้และหาข้อผิดพลาดของระบบก่อนนำไปใช้งานจริงซึ่งข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นถูกนำไปเป็นข้อมูลสำหรับ Requirement Collection and Analysis ได้อีกครั้ง

5. **Implementation** เป็นขั้นตอนที่ได้พัฒนาระบบต้นแบบเสร็จสิ้นและนำเอาระบบดังกล่าวไปทดลองใช้งานจริงเพื่อดูค่าผิดพลาดต่างๆ ที่เกิดขึ้น

6. **Validation and Testing** เป็นขั้นตอนของการตรวจสอบความถูกต้องของระบบต้นแบบและดำเนินการปรับปรุงระบบต้นแบบให้สมบูรณ์โดยแก้ข้อผิดพลาดต่างๆ ทั้งหมดที่เกิดขึ้น

7. **Operation** เป็นการนำระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นไปเผยแพร่หรือใช้งานจริงกับองค์กร

เมื่อพิจารณาวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศตามมีขั้นตอนต่างๆ ที่กำหนดไว้ใน System Development Life Cycle (SDLC) จะมีกระบวนการทำงานดังนี้ เริ่มต้นจากการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ เพื่อให้มีความคุ้มค่ามากที่สุดในการพัฒนาระบบ จากนั้นทำการรวบรวมความต้องการต่างๆ จากผู้ใช้งานวิเคราะห์ และกำหนดขอบเขตให้กับระบบที่จะพัฒนาขึ้น แล้วจึงออกแบบระบบ จากนั้นจะเป็นส่วนของการนำเอาส่วนต่างๆ ทั้งหมดมาพัฒนาเป็นต้นแบบของระบบงาน (Prototype) แล้วเข้าสู่กระบวนการนำไปทดลองใช้หาข้อผิดพลาดของระบบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นถูกนำไปเป็นข้อมูลสำหรับปรับปรุงระบบเมื่อระบบไม่มีข้อผิดพลาดจะเป็นการนำระบบไปทดลองใช้งานจริงและตรวจสอบความถูกต้องของระบบเพื่อเข้าสู่ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการ Operation ระบบสารสนเทศที่พัฒนาขึ้นไปใช้งานจริง แสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนของวงจรชีวิตของการพัฒนาระบบงานสารสนเทศ
(ที่มา : ภัทรนิษฐ์, 2552)

2.3 ระบบการจัดการพลังงาน

การจัดการ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นการลดความต้องการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นหรือการลดความสูญเสียด้านพลังงานในองค์กรลงโดยใช้กระบวนการจัดการที่ดีเพื่อนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานหรือต้นทุนรวมถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอย่างยั่งยืน การจัดการพลังงานในองค์กรอย่างเป็นระบบ ประกอบด้วย 6 ขั้นตอนดังนี้

1. การทบทวนสถานะเบื้องต้น
2. การกำหนดนโยบายพลังงาน
3. การวางแผน
4. การนำไปใช้และการปฏิบัติ
5. การตรวจสอบและแก้ไข
6. การทบทวนการจัดการ

ในการดำเนินการเกี่ยวกับกับการจัดการพลังงานในองค์กรอย่างเป็นขั้นตอนต้องพิจารณาในทุกด้านทั้งบุคลากร ทรัพยากร นโยบายและ ขั้นตอนการดำเนินการ โดยต้องมีการทำงานอย่างเป็นระบบเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์หลักของการอนุรักษ์พลังงานและบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ได้ โดยองค์กรสามารถดำเนินการได้ทั้งหมดด้วยตัวเอง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน (พพ.) ได้ดำเนินการออกกฎกระทรวงเพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติและทำการตรวจสอบดำเนินการในภายหลังเพื่อให้การดำเนินการพัฒนา "ระบบการจัดการพลังงาน" ในองค์กรต่างๆทั้งภาครัฐและเอกชนเป็นไปอย่างยั่งยืนและมีประสิทธิภาพสูงสุดกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ดำเนินการจัดทำเป็น "ข้อกำหนดระบบจัดการพลังงาน" เพื่อให้หน่วยงานต่างๆที่เป็นอาคารและโรงงานควบคุมซึ่งต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายได้ดำเนินการทำงานไปในทางเดียวกันทั้งหมดเพื่อนำไปสู่ความสำเร็จของการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน ซึ่งข้อกำหนดระบบจัดการพลังงานต้องดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอนโดยทาง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน ได้นำขั้นตอนของ Energy Management System (EMS) ซึ่งเป็นกระบวนการหลักของ ISO 50001 ที่เป็น ISO ด้านพลังงานมาเป็นหลักเพื่อสร้างกระบวนการทำงานที่เป็นระบบและยั่งยืนขึ้นให้กับทุกองค์กรที่ต้องดำเนินการตามกฎหมายโดย EMS แบ่งออกเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้

- **ขั้นตอนที่ 1** การกำหนดโครงสร้างการจัดการพลังงาน

การกำหนดโครงสร้างเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดไม่ว่าจะนำระบบใดมาใช้ภายในองค์กรสำหรับระบบการจัดการพลังงาน เป้าหมายของโครงสร้างคือ การพัฒนาอย่างยั่งยืน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีโครงสร้างสำหรับ 2 ระยะ ได้แก่ ระยะการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานและระยะบริหารระบบการจัดการพลังงาน

- **ขั้นตอนที่ 2** การประเมินสถานะเบื้องต้น

การประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กรก่อนที่จะทำการนำระบบการจัดการพลังงานมาประยุกต์ใช้ ผลที่ได้จากการประเมินจะช่วยให้ทราบว่าในการจัดการในปัจจุบันมีจุดอ่อน - จุดแข็ง ในเรื่องใด เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบาย ทิศทางการอนุรักษ์พลังงาน

- **ขั้นตอนที่ 3** การกำหนดนโยบายและการประชาสัมพันธ์

การกำหนดนโยบาย องค์กรส่วนใหญ่ ไม่ว่าจะเป็นขนาดเล็กหรือใหญ่ ต้องมีการกำหนดนโยบายให้เหมาะสมกับขนาดธุรกิจขององค์กร นโยบายพลังงานจะต้องลงนามโดยผู้บริหารระดับสูงขององค์กร นโยบายจะต้องแสดง "ข้อผูกมัด" นโยบายต้องแสดงเป้าหมายขององค์กรในระยะยาว นโยบายต้องแสดงความรับผิดชอบ นโยบายต้องแสดงการสื่อสารและนโยบาย

ต้องแสดงการพัฒนาอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ การประชาสัมพันธ์ที่ดีควรมีความหลากหลายและมีการวางแผนที่สอดคล้องกันเพื่อผลสูงสุด

- **ขั้นตอนที่ 4** การประเมินศักยภาพด้านเทคนิค

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ เพื่อค้นหาศักยภาพขององค์กรในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

- **ขั้นตอนที่ 5** กำหนดมาตรการ เป้าหมาย และการคำนวณผลตอบแทนทางการเงิน

การกำหนดมาตรการเป็นแนวทางการกำหนดมาตรการที่ช่วยแก้ไขปัญหาลักษณะประสิทธิภาพของอุปกรณ์ เป้าหมาย องค์กรต้องตัดสินใจในการกำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานเพื่อใช้เป็นหลักในการประเมินความสำเร็จ ใช้เป็นจุดที่ใช้รวมความพยายามของพนักงานทั้งองค์กร มาตรการที่มีผลตอบแทนทางการเงินที่ดี องค์กรจะต้องแสดงเหตุผลประกอบเป็นลายลักษณ์อักษร

- **ขั้นตอนที่ 6** การจัดแผนปฏิบัติการ

การจัดให้มีมาตรฐานระบบการจัดการพลังงานก็เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานที่ยั่งยืน แผนปฏิบัติการที่จะสนับสนุนหัวใจของการอนุรักษ์พลังงาน

- **ขั้นตอนที่ 7** การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการ

จากที่มาตรการต่างๆ ได้ผ่านการอนุมัติจากผู้บริหารระดับสูงขององค์กร ผู้ที่ได้รับมอบหมายก็จะมีหน้าที่นำไปปฏิบัติ เพื่อให้เกิดผลตามกำหนดเวลาที่ระบุในระหว่างที่กำลังดำเนินการยังไม่แล้วเสร็จ จำเป็นต้องติดตามความก้าวหน้าและเปรียบเทียบกับแผนงาน

- **ขั้นตอนที่ 8** การทบทวนผลการดำเนินการ

การทบทวนผลการดำเนินการมีต้องมื่ออย่างสม่ำเสมอ เพื่อปรับเปลี่ยนแนวทางการดำเนินงานตามความเหมาะสมตามหลักการ **Plan Do Check Action** หรือ **PDCA**

ระบบการจัดการพลังงานเพื่อให้มั่นใจในความเหมาะสมของระบบและประสิทธิภาพในภาพรวมของข้อกำหนดระบบจัดการพลังงานขององค์กรสามารถสรุปเป็นขั้นตอนการดำเนินงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ขั้นตอนการพัฒนากระบวนการจัดการพลังงาน

ที่มา : เอกสารประกอบการบรรยาย “การจัดการพลังงานขั้นสูง” ผศ.ดร.ติเกะ , 2553

2.4 การดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย

การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550) นั้น ผู้ที่อยู่ภายใต้กฎหมายฉบับนี้จะถูกเรียกว่า “อาคารควบคุม” โดยประกาศออกมาเป็นพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม ซึ่งอาคารที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมนั้น ต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

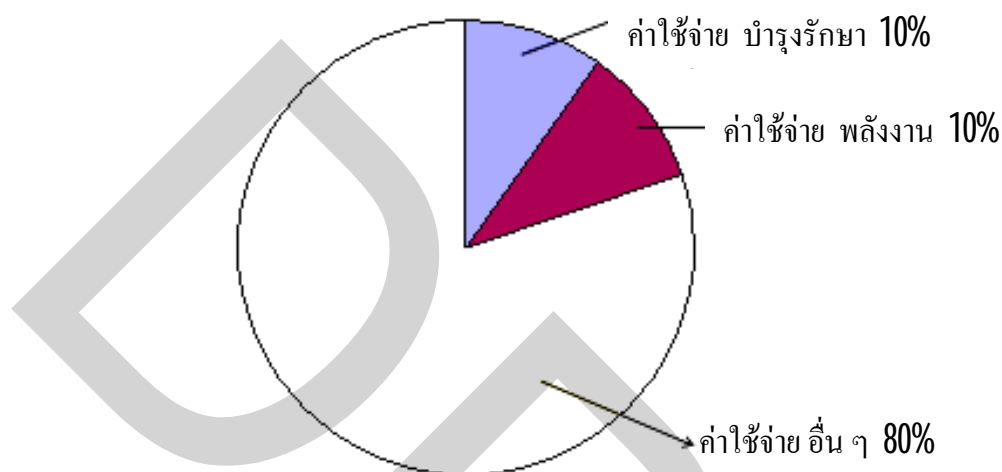
2.4.1 ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายไฟฟ้าให้ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไปหรือถ้าติดตั้งหม้อแปลงตัวเดียวหรือหลายตัวรวมกันมีขนาดตั้งแต่ 1,175 kVA ขึ้นไป

2.4.2 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าความร้อนจากไอน้ำหรือพลังงานสิ้นเปลืองอย่างใดอย่างหนึ่งรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคมถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้าน MJ ขึ้นไป

2.5 การใช้พลังงานในอาคาร

โดยทั่วไปค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานในอาคารมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 10 ของค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของอาคารทั้งหมดดังแสดงในรูปที่ 2.3 ถึงแม้ว่าจะไม่มาก เมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าจ้าง ค่าภาษีและค่าบุคลากรแต่เราสามารถลด

ค่าใช้จ่ายพลังงานได้โดยการประหยัดพลังงาน ในขณะที่ค่าใช้จ่ายอื่นๆมักจะเป็นค่าที่ยากจะควบคุม นอกจากนี้การประหยัดพลังงานจึงเป็นการใช้อุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพและจะช่วยยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ดังนั้นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาอุปกรณ์ก็จะลดลงด้วย



รูปที่ 2.3 สัดส่วนค่าใช้จ่ายในการดำเนินการของอาคาร

ที่มา : กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม, 2544

2.5.1 อาคารแต่ละประเภทจะใช้ไฟฟ้ามากกว่าความร้อนโดยใช้ในระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปั๊มน้ำ ลิฟต์ บันไดเลื่อน อุปกรณ์สำนักงานและอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ ดังที่แสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในอาคารประเภทต่างๆ

ประเภทของอาคาร	พลังงานไฟฟ้า(%)	พลังงานความร้อน(%)
สำนักงาน	100	-
ศูนย์การค้า	100	-
สถานศึกษา	100	-
โรงแรม	75	25
โรงพยาบาล	80	20

2.5.2 สัดส่วนการใช้พลังงานของระบบต่าง ๆ นั้นจะแตกต่างกันในแต่ละประเภทของอาคาร ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ระบบปรับอากาศและแสงสว่างมีส่วนในการใช้ไฟฟ้ามาก โดยมีสัดส่วนรวมกันสูงถึงร้อยละ 80 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดของอาคาร ส่วนที่เหลือร้อยละ 15-20 จะถูกใช้ใน ระบบอื่นๆ ได้แก่ ปั๊มน้ำ ลิฟต์ บันไดเลื่อน ตู้แช่เย็น อุปกรณ์สำนักงาน เป็นต้น ส่วนพลังงานความร้อนจะถูกใช้สำหรับหุงต้ม ผลิตไอน้ำ น้ำร้อนเพื่อการซักล้างรีดผ้าและอบนึ่งฆ่าเชื้อโรคของ อุปกรณ์หรือเครื่องมือแพทย์ใน โรงพยาบาล

ตารางที่ 2.2 แสดงสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยในอาคารประเภทต่างๆแบ่งตามระบบต่างๆ

ประเภทของอาคาร	ระบบปรับอากาศ(%)	ระบบแสงสว่าง(%)	ระบบอื่นๆ(%)
สำนักงาน	55	30	15
ศูนย์การค้า	62	23	15
สถานศึกษา	38	40	22
โรงแรม	65	18	17
โรงพยาบาล	55	25	20

2.6 อัตราค่าไฟฟ้า

ค่าใช้จ่ายไฟฟ้าเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานหลักของอาคาร ส่วนค่าใช้จ่ายพลังงานของ โรงงานนอกจากจะมาจากค่าไฟฟ้าแล้วยังมาจากเชื้อเพลิงเพื่อใช้ผลิตพลังงานความร้อน สัดส่วน การใช้ไฟฟ้าและเชื้อเพลิงขึ้นอยู่กับประเภทของอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมการผลิตเหล็กจะใช้ ไฟฟ้าเป็นหลัก ส่วนอุตสาหกรรมอาหารจะใช้พลังงานความร้อนมากกว่า เป็นต้น

2.6.1 “ใบแจ้งค่าไฟฟ้า”

ในทุกองค์กรต้องมีการจ่ายค่าไฟฟ้างั้นใบแจ้งค่าไฟฟ้าจึงเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญเป็น อันดับแรกที่ต้องทำความเข้าใจและนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ใบแจ้งค่าไฟฟ้าจะบอกให้ทราบว่า ต้อง เสียค่าไฟฟ้าเดือนละเท่าไรหรือเป็นค่าใช้จ่ายอะไรบ้างรวมถึงสามารถกำหนดค่าไฟเฉลี่ยขององค์กรได้ ว่าองค์กรเสียค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละกี่บาท

2.6.2 พลังงานไฟฟ้า

พลังไฟฟ้า คือ ความต้องการไฟฟ้าจริงที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรใช้ไปในการทำงานใน เวลาหนึ่งๆ มีหน่วยเป็น Watt ซึ่งแยกได้เป็นไฟฟ้า 1 เฟส 220 V และไฟฟ้า 3 เฟส 380 V ค่าพลัง

ไฟฟ้าสามารถหาได้จากสมการดังนี้

ระบบไฟฟ้า 1-เฟส

$$P = VI \cos \theta \quad \dots\dots\dots (1)$$

ระบบไฟฟ้า 3-เฟส

$$P = \sqrt{3} VI \cos \theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ P คือ กำลังไฟฟ้า (W)

V คือ แรงดันไฟฟ้า (V)

I คือ กระแสไฟฟ้า (A)

$\cos \theta$ คือ ค่า Power Factor

พลังงานไฟฟ้า คือ พลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรใช้ในการทำงานในระยะเวลาหนึ่ง มีหน่วยเป็น Wh หรือ kWh หรือหน่วย หรือยูนิต หาได้จากสมการ

$$E = PT \quad \dots\dots\dots (3)$$

เมื่อ E คือ พลังงานไฟฟ้า (kWh)

T คือ ระยะเวลาการใช้งานของอุปกรณ์ไฟฟ้า (ชั่วโมง)

พลังงานไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

- พลังไฟฟ้าปรากฏ คือ พลังไฟฟ้ารวมที่ระบบไฟฟ้าจ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็น VA หรือ kVA
- พลังไฟฟ้าเสมือน คือ พลังไฟฟ้าที่อุปกรณ์หรือเครื่องจักรชนิดเหนี่ยวนำ (Inductive Load) ไม่ได้ใช้ในการให้กำลังงานแต่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็ก เช่น พลังไฟฟ้าที่ไหลผ่านแกนเหล็กของหม้อแปลงไฟฟ้าหรือผ่านช่องว่างอากาศ (Air Gap) ของมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำ เป็นต้น มีหน่วยเป็น VAR หรือ kVAR

2.6.3 ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor: PF) คืออัตราส่วนของพลังไฟฟ้าจริงกับพลังไฟฟ้าปรากฏ มีค่าจาก 0 ถึง 1 โดยทั่วไปจะควบคุมอยู่ระหว่าง 0.85 – 1.00 โดยที่ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์หาได้จากสมการ

$$PF = \frac{P}{V \times I} \times 100 \% \quad \dots\dots\dots(4)$$

เมื่อ PF คือ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์

การไฟฟ้ากำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ โดยมีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเมื่อคิดเป็น kVAr เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด เมื่อคิดเป็น kW ส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ในอัตรา kVAr ละ 14.02 บาท

ในวงจรไฟฟ้าที่มีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ จะทำให้มีผลเสียต่อระบบไฟฟ้าอย่างมาก นอกจากจะเสียค่าปรับให้การไฟฟ้าแล้ว ยังทำให้เกิดค่าการสูญเสียของระบบไฟฟ้า โดยเมื่อค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ลดลง จะทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรเพิ่มขึ้นทำให้เกิดความสูญเสียเปลืองค่าทางไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมสูงขึ้นด้วย ดังนั้นต้องดำเนินการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ด้วยการติดตั้งคาปาซิเตอร์ (Capacitor) ไว้ในวงจรไฟฟ้า ซึ่งจะให้ผลดังนี้

1. ค่ากำลังสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟลดต่ำลง
2. ลดขนาดแรงดันไฟฟ้าตกในหม้อแปลงและในสายไฟ
3. เพิ่มความสามารถในการรับกระแสของหม้อแปลงและอุปกรณ์อื่นๆ

2.6.4 อัตราค่าไฟฟ้า

ประเทศไทยได้มีการผลิตและจำหน่ายไฟฟ้าโดย การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือ EGAT โดยมี การไฟฟ้านครหลวงรวมถึงการไฟฟ้าภูมิภาค เป็นผู้จัดจำหน่ายซึ่งในปัจจุบันการไฟฟ้าได้กำหนดประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ดังนี้

- ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย
- ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก
- ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง
- ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

ซึ่งโดยมีการแบ่งประเภทของอัตราค่าไฟฟ้ามี 3 ประเภทคือ อัตราปกติ อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of day, TOD) และอัตราตามช่วงเวลา ของการใช้ (Time of use, TOU)

1. อัตราปกติ คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าจากค่าที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นในเดือนนั้นๆ ใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภท ที่ 3.1 คือเป็นผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมที่ติดตั้งเครื่องวัด(หรือใช้ไฟฟ้า) มาก่อนเดือนตุลาคม 2543 มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 999 กิโลวัตต์ หรือปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ

ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ขอใช้ (kV)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาทต่อ kW)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาทต่อหน่วย)
แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	175.70	1.6660
แรงดัน 12 - 33 kV	196.26	1.7034
แรงดันต่ำกว่า 12 kV	221.50	1.7314

ที่มา : การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด, 2550

2. อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day, TOD) คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าจากค่าที่สูงที่สุดที่เกิดขึ้นในช่วง ON-PEAK และช่วง PARTIAL - PEAK ใช้กับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4.1 คือเป็นผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมที่ติดตั้งเครื่องวัดชนิด TOD มาก่อนเดือนตุลาคม 2543 อัตราค่าไฟฟ้าจะถูกกำหนดราคาตามช่วงเวลาของวัน โดยในช่วงเวลา 24 ชั่วโมงในแต่ละวันจะถูกแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

1) ช่วง ON - PEAK ระหว่างเวลา 18.30 - 21.30 น. ของทุกวัน (3 ชั่วโมง)

2) ช่วง PARTIAL - PEAK ระหว่างเวลา 08.00 - 18.30 น. ของทุกวัน (ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า คิดเฉพาะส่วนที่เกิน Peak) (10.5 ชั่วโมง)

3) ช่วง OFF - PEAK ระหว่างเวลา 21.30 - 08.00 น. ของทุกวัน (10.5 ชั่วโมง)

แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day, TOD)

ประเภท	ระดับแรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าบาท/kW			ค่าพลังงานไฟฟ้า(บาท/หน่วย)
		ON - PEAK	*PARTIAL - PEAK	OFF - PEAK	
4.1.1	แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	224.30	29.91	0.0	1.6660
4.1.2	แรงดัน 12 - 33 kV	285.05	58.88	0.0	1.7034
4.1.3	แรงดันต่ำกว่า 12 kV	332.71	68.22	0.0	1.7314

หมายเหตุ : คิดเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง ON - PEAK เท่านั้น

ที่มา : การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด, 2550

3. อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of use, TOU) ลักษณะการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ สำหรับอาคารประเภทสถานศึกษาขนาดใหญ่ จะถูกกำหนดประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่และมีอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ หรือ TOU ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไปหรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว รายละเอียดอัตราค่าไฟฟ้า แสดงดังตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 อัตราค่าไฟฟ้าแบบอัตรา TOU

ประเภท	ระดับแรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้าบาท/kW	ค่าพลังงานไฟฟ้าบาท/หน่วย		ค่าบริการบาท/เดือน
			1*	2*	
4.2.1	แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
4.2.2	แรงดัน 12 - 24 kV	132.93	2.6950	1.1914	228.17
4.2.3	แรงดันต่ำกว่า 12 kV	210.00	2.8408	1.2246	228.17

ที่มา : การไฟฟ้านครหลวงอัตราค่าไฟฟ้า, 2543

1* On Peak: เวลา 09.00 น. ถึง 22.00 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์

2* Off Peak: เวลา 22.00 น. ถึง 09.00 น. วันจันทร์ถึงวันศุกร์: เวลา 00.00 น. ถึง 24.00 น.
วันเสาร์ถึงวันอาทิตย์และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

2.6.5 องค์ประกอบหลักของค่าไฟฟ้า

องค์ประกอบหลักๆที่สำคัญของค่าไฟฟ้ามีส่วนประกอบอยู่ 3 ส่วนหลักคือ ค่าพลังงานไฟฟ้า ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดและค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ

1. ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge)

ค่าธรรมเนียมที่คิดจากปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าในหนึ่งเดือน อัตราค่าพลังงานไฟฟ้ามีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมงถูกกำหนดจากต้นทุนในการจัดหาและผลิตไฟฟ้า โดยอัตราแตกต่างกันในแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าที่ใช้และตามช่วงเวลาของการใช้

2. ค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge)

ค่าธรรมเนียมที่คิดจากความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดของเดือนนั้น อัตราค่าพลังไฟฟ้าสูงสุดมีหน่วยเป็นบาทต่อกิโลวัตต์ถูกกำหนดโดยต้นทุนที่ใช้ในการสร้างโรงไฟฟ้าระบบส่งและจำหน่ายไฟฟ้าให้แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า จึงมีอัตราที่แตกต่างกันในแต่ละประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ระดับแรงดันไฟฟ้าและตามช่วงเวลาของวัน

3. ค่าปรับเพาเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ (Power Factor Charge)

ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามีอุปกรณ์หรือเครื่องจักรชนิดเหนี่ยวนำมากซึ่งต้องการพลังไฟฟ้าเสมือน (KVAR) มากซึ่งทำให้โรงไฟฟ้าต้องผลิตพลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA) มากด้วย ดังนั้นในเดือนใดก็ตามถ้าผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้าเสมือนเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดเกินกว่าร้อยละ 61.97 ของพลังไฟฟ้าสูงสุดแล้ว จะต้องเสียค่าปรับในส่วนที่เกินหรือถ้ามีการบันทึกค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของระบบไฟฟ้าไว้ ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่ต่ำกว่า 0.85 จะเสียค่าปรับ อัตราค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ถูกกำหนดโดยต้นทุนในการติดตั้งตัวเก็บประจุที่สถานีส่งจ่ายไฟฟ้าและต้นทุนในการผลิตไฟฟ้าของโรงไฟฟ้า

ในส่วน of ค่าใช้จ่ายอื่นๆ เช่น ภาษีมูลค่าเพิ่ม หรือ ค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตหรือเรียกว่าค่า FT ซึ่งเป็นค่าธรรมเนียมที่เรียกเก็บเพิ่มเติมจากค่าพลังงานไฟฟ้าตามการเปลี่ยนแปลงของต้นทุนในการผลิตไฟฟ้า เช่น การเปลี่ยนแปลงของต้นทุนเชื้อเพลิงอย่างรวดเร็ว อัตราค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตมีหน่วยเป็น St/kWh (สตางค์ต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง) มีค่าไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับต้นทุนในการผลิตของแต่ละเดือน อัตราค่าปรับปรุงต้นทุนการผลิตจะถูกระบุให้เห็นในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า

2.7 ดัชนีการใช้พลังงาน

อัตราส่วนของพลังงานที่ใช้กับผลผลิตหรือปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานนั้นๆ เช่น พื้นที่ จำนวนเตียง หรือ ผู้ใช้บริการ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบโดยตรงต่อการใช้พลังงานนี้ เป็นสิ่งที่ยากต่อการควบคุมและ โดยทั่วไปมักแตกต่างกันไปตามแต่กิจกรรมที่ต่างกัน ไปของแต่ละองค์กรซึ่งการประเมินการใช้พลังงานนั้นต้องกำหนดตัวชี้วัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่สามารถสื่อได้ถึงผลระหว่างปริมาณการใช้พลังงานต่อจำนวนผลผลิตที่ได้ ดังนั้น ดัชนีการใช้พลังงานจึงถูกกำหนดขึ้นให้หมายถึง "สัดส่วนของปริมาณพลังงานที่ใช้ ต่อปริมาณผลผลิตที่ได้" สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$SEC = E_u / P_p \quad \dots\dots\dots(5)$$

เมื่อ SEC คือ ดัชนีการใช้พลังงาน
 E_u คือ ปริมาณพลังงานที่ใช้
 P_p คือ ผลผลิตที่ได้

ในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานนั้นสามารถใช้ SEC เป็นเครื่องมือในการสังเกตลักษณะการเพิ่มหรือลดของการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับเวลา โดยดูจากข้อมูลการใช้พลังงานรายวัน รายสัปดาห์ หรือ รายเดือนในอดีตย้อนหลังอย่างน้อย 1 ปี ซึ่งข้อมูลเหล่านี้ได้มาจากใบแจ้งค่าใช้จ่ายพลังงาน การตรวจวัด หรือไบจเคมีเตอร์ที่พนักงานได้จัดไว้เป็นประจำ อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน ด้วย SEC สามารถบอกให้ทราบเพียงว่าช่วงเวลาใด วัน เดือนหรือปีใดที่มีการใช้พลังงานสูงสุดหรือต่ำผิดปกติ ปริมาณการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นอาจมีสาเหตุมาจากปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้นหรือเครื่องจักรที่ชำรุดหรือขาดการบำรุงรักษาจนทำงานผิดพลาด ซึ่งไม่สามารถวิเคราะห์ได้จากข้อมูลการใช้พลังงานในอดีตเพียงอย่างเดียวได้ ดังนั้น จึงใช้ค่าดัชนีการใช้พลังงาน (Energy Use Index: EUI) ช่วยในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน ดังนั้น SEC จึงมีประโยชน์ดังนี้

1. ใช้เปรียบเทียบการใช้พลังงานในอดีตกับปัจจุบันของอาคารนั้นๆ
2. ใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการใช้พลังงานเบื้องต้นของอาคารประเภทเดียวกัน และมีกิจกรรมการใช้พลังงานเหมือนกัน
3. ใช้ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานเบื้องต้นของอุปกรณ์ที่ติดตั้งใน อาคาร เพื่อใช้ในการประหยัดพลังงาน
4. ใช้เปรียบเทียบศักยภาพการประหยัดพลังงานเบื้องต้นของอุปกรณ์จากผู้ผลิตหลายๆ ราย เพื่อให้ผู้ซื้อนำไปประกอบการตัดสินใจในการจัดซื้อ

2.8 การตรวจสอบการใช้พลังงาน

การตรวจสอบการใช้พลังงานเป็นกระบวนการเก็บข้อมูลและศึกษาในเรื่องที่เกี่ยวข้องต่างๆ เช่น ระบบไฟฟ้า เครื่องกล กระบวนการผลิต โครงสร้างสถาปัตยกรรม พฤติกรรมการใช้พลังงาน สภาพแวดล้อมภายในและภายนอกอาคารและการบริหารงานที่จะมีผลกระทบต่อการใช้พลังงานของอาคาร การตรวจสอบการใช้พลังงานเป็นกระบวนการที่ต้องทำอย่างต่อเนื่องเป็นประจำ ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลต่างๆ เปลี่ยนแปลงตามเวลา เช่น อัตราค่าพลังงานสูงขึ้น มีการปรับเปลี่ยนขบวนการผลิต ประสิทธิภาพการใช้งานของอุปกรณ์และเครื่องจักรเปลี่ยนแปลงตามสภาพการใช้งานและตามอายุการใช้งาน

กระบวนการตรวจสอบการใช้พลังงานที่เป็นระบบ จะช่วยให้ผู้ตรวจสอบการใช้พลังงานสามารถเก็บข้อมูลที่มีประโยชน์และช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบกระบวนการตรวจสอบการใช้พลังงานประกอบด้วย

2.8.1 การเตรียมตรวจสอบ

เป็นการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้น เพื่อให้เกิดความคุ้นเคยกับระบบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ การใช้พลังงาน เป็นการช่วยให้ผู้ตรวจสอบการใช้พลังงานสามารถบริหารเวลาในขั้นตอนของการตรวจสอบภาคสนามได้อย่างมีประสิทธิภาพ ครอบคลุมเวลาการทำงานของพนักงานหรือผู้อาศัยในอาคารน้อยที่สุด

2.8.2 การตรวจสอบ

การตรวจสอบการใช้พลังงานแบ่งออกเป็น การตรวจสอบการใช้พลังงานเบื้องต้นและการตรวจสอบการใช้พลังงานโดยละเอียด

1. การตรวจสอบการใช้พลังงานเบื้องต้น เป็นการสำรวจและตรวจสภาพการใช้งานในระดับเบื้องต้นของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่างๆ อาจจะใช้เครื่องมือตรวจสอบทำการตรวจวัดคร่าวๆ เพื่อชี้ให้เห็นสภาพการใช้พลังงาน

2. การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยละเอียด เป็นการตรวจวัดและบันทึกการใช้พลังงานเพื่อสามารถนำข้อมูลไปประเมินมาตรการประหยัดพลังงาน จำเป็นต้องใช้เครื่องมือตรวจสอบทำการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลอย่างต่อเนื่องเพื่อให้ได้ผลที่ถูกต้องน่าเชื่อถือ

2.8.3 ผลลัพธ์

ผลจากการตรวจสอบจะเป็นข้อมูลสำคัญเพื่อวิเคราะห์มาตรการประหยัดพลังงาน และจัดทำรายงานการตรวจสอบการใช้พลังงาน ซึ่งทำให้เข้าใจสภาพการใช้พลังงานของระบบ

ต่างๆกระบวนการผลิตและรายละเอียดอุปกรณ์และเครื่องจักรหลัก สามารถกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบหลักๆได้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพที่พิกัดหรือค่ามาตรฐาน

2.9 การศึกษาที่เกี่ยวข้อง

เมื่อพิจารณาจากการศึกษาที่เกี่ยวข้องในด้านการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการพลังงานในอาคารและโรงงานนั้นพบว่ามีย่อยมากเนื่องจากแผนที่พลังงานเป็นเรื่องที่พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือเฉพาะสำหรับที่ปรึกษาด้านพลังงานให้สามารถทำงานได้ง่ายขึ้น กระชับขึ้น แม่นยำและรวดเร็วขึ้นจึงเกิดการพัฒนาระบบสารสนเทศแบบเฉพาะด้านที่สามารถทำการจำลองการใช้พลังงานและหาข้อมูลเปรียบเทียบทั้งภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างสมบูรณ์โดยเกิดขึ้นในกลุ่มงานด้านพลังงานของศูนย์ปรึกษาและพัฒนาด้านพลังงานมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์เท่านั้น ดังมีการพัฒนาระบบนับจากแนวคิดที่เป็นต้นกำเนิดที่เป็นลำดับดังนี้

แผนที่พลังงานหรือ **Energy Mapping** เป็นระบบที่ถูกคิดขึ้นในช่วงกลางปี 2540 โดย ศศ.ดร.ติเกะ บุนนาค โดยในเวลานั้นการทำงานด้านพลังงานยังคงใช้รูปแบบการทำงานที่ใช้ “ผู้เชี่ยวชาญ” ที่เป็นที่ปรึกษาด้านพลังงานเป็นกลไกหลักในการแนะนำ ให้คำปรึกษาและชี้ชัดถึงการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงทุกสิ่งในอาคารหรือโรงงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน อย่างไรก็ตามในอาคารหรือโรงงานอุตสาหกรรมที่มีขนาดใหญ่มากๆนั้นผู้เชี่ยวชาญไม่สามารถเดินสำรวจได้ในวันเดียวและการหามาตรการต่างๆจะทำล่าช้าออกไปซึ่งในเวลานั้นเองที่เกิดโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยโรงงานควบคุมซึ่งเป็นโครงการที่มุ่งให้อาจารย์ที่ปรึกษาเข้าไปอบรมพัฒนาระบบและให้ความรู้กับโรงงานโดยคาดหวังให้โรงงานและอาคารสามารถดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงานได้ด้วยตัวเองเมื่อผ่านโครงการนี้แล้ว ในเวลานั้นเอง ศศ.ดร.ติเกะ บุนนาค หนึ่งในผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานของโครงการนี้ซึ่งได้รับหน้าที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาดูแล บริษัทเนสเลย์ เปรอริเอวิทเทล ประเทศไทย ที่จังหวัดอยุธยา ในขณะนั้นเองที่เกิดแนวคิดในการทำให้การจัดการพลังงานและหามาตรการทำได้ง่ายขึ้นจึงเกิดความคิดที่จะใช้แผนที่เพื่อช่วยเหลือในการวางระบบจัดการเครื่องจักร และการหามาตรการ ซึ่งในเวลานั้น ศศ.ดร.ติเกะ บุนนาค ได้คิดถึงแผนที่ซึ่งเป็นเหมือนแผนที่ท่องเที่ยวในต่างประเทศจึงได้วางรูปแบบของแผนที่พลังงานแบ่งไว้เป็น 4 ประเภทคือ แผนที่ภาพรวม (Global Energy Map) แผนที่ภาค (Local Energy Map) แผนที่เขต (Zone Energy Map) และ แผนที่เขตย่อย (Detail Energy Map) ซึ่งในเวลานั้นการทำงานให้กับทาง บริษัทเนสเลย์ เปรอริเอวิทเทล ประเทศไทย ใกล้เคียงโครงการ ทางจึงเกิดโครงการพัฒนาแผนที่พลังงานในโรงงานขึ้น โดยใช้นักศึกษาปริญญาโทสาขาการจัดการวิศวกรรม เป็นผู้ทำวิทยานิพนธ์นี้

แต่การพัฒนาแผนที่พลังงานยังไม่เสร็จสิ้นสมบูรณ์นักศึกษาละทิ้งวิทยานิพนธ์นี้ไปทำให้โครงการในปี 2544 ต้องล้มลง

ในปี 2550 ผศ.ดร.ติกะ บุนนาค ได้นำโครงการนี้ขึ้นมาอีกครั้งโดยพัฒนาแผนที่พลังงานในอาคารประเภทโรงแรม ซึ่งกำหนดให้เป็นสารนิพนธ์ของ วัชระ จำปาดิษฐ์ (2550) ในเรื่อง "ระบบสารสนเทศด้านพลังงานในอาคารประเภทโรงแรมโดยใช้วิธีแผนที่พลังงาน" การดำเนินการในอาคารประเภทโรงแรมโดยทำเฉพาะระบบปรับอากาศ และระบบแสงสว่างเท่านั้น พบว่าเครื่องซีลเลอร์เป็นอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงที่สุดของระบบประกอบอาคารทั้งหมด โดยมีสัดส่วน 53.41% ของพลังงานรวมทั้งหมด ในด้านการใช้พลังงานของระบบไฟแสงสว่าง พบว่า พื้นที่ส่วนหน้าจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงมากที่สุดถึง 83.30% ของพลังงานที่ใช้ในส่วน of แสงสว่างทั้งหมด โดยปัจจัยที่ส่งผลต่อพลังงานคือ จำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าของ อุปกรณ์ และชั่วโมงการใช้งานต่อวัน ซึ่งแผนที่พลังงานที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยโครงสร้างของ อุปกรณ์ไฟฟ้า ข้อมูลจำเพาะของอุปกรณ์ และการประมวลผลพลังงานทั้งหมด สามารถเป็น ประโยชน์ในการวางแผนเพื่ออนุรักษ์พลังงานประหยัดเวลาและในขั้นตอนของการประมวลผลการ ใช้พลังงาน รวมถึงการเปลี่ยนแปลงรายการของอุปกรณ์ที่เกิดขึ้นภายในอาคารได้จากการเปลี่ยน อุปกรณ์ใหม่แทนของเดิมในตารางซึ่งการพัฒนาครั้งนี้ประสบความสำเร็จในปลายปีเดียวกันโดย จัดทำเฉพาะส่วนที่เป็นแผนที่แบบตาราง บน Program Microsoft Excel โดยจัดทำเฉพาะส่วนของ ระบบปรับอากาศและระบบแสงสว่างเท่านั้น

หลังจากงานแรกสำเร็จลงได้มีการดำเนินการศึกษาพัฒนาระบบแผนที่พลังงาน เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องโดย สุรพงษ์ เอี่ยมขอฟิ่ง (2551) ได้ทำการศึกษาการพัฒนาระบบสารสนเทศ ด้านพลังงานสำหรับอาคารอเนกประสงค์ขนาดใหญ่ โดยใช้อาคาร king power complex ซอยรางน้ำ เป็นอาคารกรณีศึกษาจากความเป็นอาคารอเนกประสงค์ที่มีทั้ง ศูนย์การค้า โรงละคร โรงแรม และอาคารสำนักงาน ทำให้มีความหลากหลายของข้อมูลมากขึ้นซึ่งการพัฒนาที่ใช้การพัฒนาระบบบน Program Microsoft Excel โดยระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ในการวางแผน รวบรวมอุปกรณ์ ต่างๆ จัดระบบ รวมถึงการพิจารณาและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์พลังงาน รวมทั้งการจำลองมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่างๆได้

ผลที่ได้จากการพัฒนาพบว่าเมื่อทำการเปรียบเทียบข้อมูล ในส่วนการใช้พลังงานของ ระบบปรับอากาศ มีการใช้พลังงานสูงที่สุด คือ เครื่องซีลเลอร์ มีสัดส่วนสูงถึง 58.90% ของ พลังงานรวมในระบบปรับอากาศ

อย่างไรก็ตามการพัฒนาแผนที่พลังงานยังคงเป็นแผนที่แบบตารางเท่านั้นและยังคงทำ การพัฒนาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Excel อีกทั้งการใส่ข้อมูลยังเน้นเฉพาะที่ระบบปรับอากาศ

เป็นหลักเท่านั้นไม่ได้ลงข้อมูลครบทุกระบบเนื่องจากอาคารมีขนาดใหญ่และใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ามากมาย ทำให้ไม่สามารถทำครบทุกระบบได้ อย่างไรก็ตามในปีเดียวกันได้มีการพัฒนาแผนที่พลังงานแบบตารางที่สมบูรณ์แบบขึ้น โดย ทนงศักดิ์ ศิริยงค์ (2551) ได้ทำการพัฒนาฐานข้อมูลด้านพลังงานโดยวิธีแผนที่พลังงานแบบตาราง โดยใช้โปรแกรม Microsoft Access นำมาสร้างเป็นโปรแกรมที่มีทั้งส่วนรับและแสดงผลขึ้นและใช้อาคารเรียน 1 และ 2 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตเป็นอาคารต้นแบบ ในการสร้างส่วนการแสดงผลของข้อมูลได้ทำการศึกษาในอาคารประเภทอาคารสถานศึกษา ซึ่งโปรแกรมของทนงศักดิ์สามารถทำงานได้สมบูรณ์และมีการทำการเพิ่มเติมในส่วนของการประมาณการใช้พลังงานต่อห้อง และการเลือกห้องให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานเรียกว่า "ระบบนำร่องด้านพลังงาน"

เนื่องจากการใช้พลังงานของอาคารตัวอย่างเป็นอาคารประเภทสถานศึกษาการใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับการจัดการเรียนการสอน และการใช้ห้องเรียนในแต่ละวัน การพัฒนาฐานข้อมูลพลังงานแบบตาราง สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการสืบค้น ค้นหาข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร ค้นหารายละเอียดของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบ ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ซึ่งประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน และค่าการใช้พลังงานต่อคน ตามชั่วโมงการใช้งานของอาคาร นอกจากนั้นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นยังสามารถช่วยในการวางแผนหรือหามาตรการอนุรักษ์พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นดังนั้นทนงศักดิ์จึงเป็นผู้ที่พัฒนาระบบแผนที่พลังงานแบบตารางจนครบสมบูรณ์แบบตามแนวคิดของ ดร.ดิเกะ บุนนาค อีกด้วย

อย่างไรก็ตามการพัฒนาระบบแผนที่พลังงานยังคงเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในเวลาต่อมา กัทธานิชญ์ นิธิภัทราเศรษฐ์ (2553) ได้ทำการพัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ตขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการช่วยบริหารจัดการพลังงานของอาคารให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ผสมผสานกับการใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตเข้ามาประยุกต์กับการกรอกข้อมูลและดำเนินการด้านพลังงานได้จากเน็ตเวิร์คขององค์กร โดยสามารถใช้ได้ในทุกเครื่องและมีการเก็บข้อมูลในเซิร์ฟเวอร์หลักที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ได้ไม่จำกัดและใช้ใน intranet เฉพาะองค์กรเท่านั้น

ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการจัดเก็บข้อมูลวิเคราะห์สัดส่วนของการใช้พลังงานและค้นหาข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารในลักษณะของแผนที่พลังงานได้ ส่วนการค้นหารายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบต่างๆ สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพซึ่งประกอบด้วย ผลการวิเคราะห์ ในด้านต่างๆทั้ง พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคนและค่าครรชนิการใช้พลังงาน ซึ่งระบบที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวางแผนและหามาตรการอนุรักษ์พลังงานของอาคารได้เป็นอย่างดี

กล่าวได้ว่าแผนที่และระบบนำร่องด้านพลังงานถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาตลอดตั้งแต่กลางปี 2540 จนถึงปัจจุบันแต่ความสมบูรณ์พร้อมเพื่อสร้างเป็น “โปรแกรมสำเร็จรูป” เพื่อใช้ในการช่วยเหลือในด้านการวางแผนและการปรับปรุงอุปกรณ์ต่างๆ ล้วนแล้วแต่ต้องมีการดำเนินการพัฒนาต่อไปอีกทั้ง ความถูกต้องและแม่นยำของระบบนำร่องด้านพลังงานที่เป็นการประเมินการใช้พลังงานทางทฤษฎี ของอุปกรณ์ทั้งหมดให้มีความถูกต้องแม่นยำใกล้เคียงความจริงที่สุดเป็นสิ่งที่ต้องพัฒนา



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการศึกษาและพัฒนาโปรแกรม

3.1 ศึกษาความเป็นไปได้ของการพัฒนาโปรแกรม

การศึกษาความเป็นไปได้ คือ การพิจารณาถึงความเหมาะสมและการประเมินถึงผลประโยชน์เปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายที่ได้ใช้ไปในการพัฒนาระบบขององค์กรและมีจุดประสงค์ที่มีการกำหนดว่าปัญหาคืออะไร และตัดสินใจว่าการพัฒนาสร้างระบบสารสนเทศหรือการแก้ไขระบบสารสนเทศเดิมมีความเป็นไปได้หรือไม่ โดยเสียค่าใช้จ่ายและเวลาน้อยที่สุด รวมถึงได้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจ เป็นการเพิ่มความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้ และเจ้าของระบบก่อนที่จะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นและหากว่ามีสิ่งเหล่านี้อยู่แล้ว ก็จะมีความเป็นไปได้ที่จะดำเนินการพัฒนาระบบงาน หรือจัดหาระบบงานมาใช้ในองค์กร เพื่อให้เกิดผลตอบแทนที่จะได้รับและประสิทธิภาพสูงสุดในการดำเนินงาน

3.2 การศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรม

การศึกษาถึงความต้องการของผู้ใช้งาน โปรแกรมนั้นจะก่อให้เกิดการทำงานที่มีคุณภาพและประสบความสำเร็จตามความคาดหวังจากสิ่งที่คุณต้องการ จากการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานพบว่าผู้ใช้งานส่วนใหญ่ต้องการ โปรแกรมที่ดีมีคุณภาพ สะดวกในการใช้งาน และสามารถช่วยให้การรวบรวม บันทึกและจัดเก็บข้อมูลทางด้านการใช้พลังงานเป็นไปได้โดยสะดวกและรวดเร็ว รวมทั้งมีความถูกต้อง และสามารถที่จะวิเคราะห์ข้อมูลทางด้านพลังงานที่เก็บรวบรวมได้ออกมาให้อยู่ในรูปแบบของรายงาน กราฟ หรือข้อมูลทางด้านสถิติด้านการใช้พลังงานได้เมื่อทราบถึงความต้องการของผู้ใช้งานโปรแกรมแล้ว จะต้องทำการออกแบบโปรแกรมให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้โปรแกรมหากกล่าวด้วย

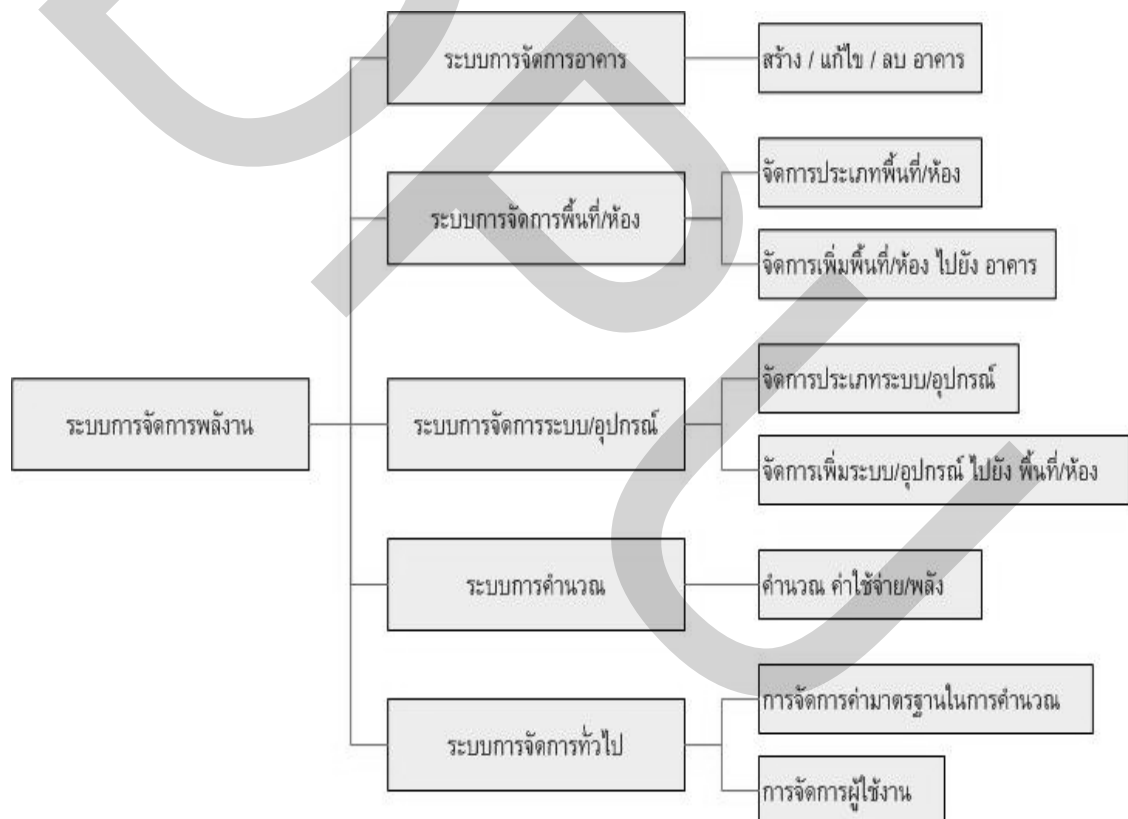
ในเบื้องต้นการศึกษาถึงความเป็นไปได้ของการพัฒนา Energy Simulation Program นั้นสามารถแยกออกเป็นประเด็นต่าง ๆ ได้ดังนี้

- ความพร้อมทางด้านการจัดหาข้อมูลตัวอย่างที่ต้องนำมาใช้ในการพัฒนาตัว โปรแกรม (จัดหาบริษัทที่จะขอข้อมูลทางด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าต่าง ๆ มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรม)

- ศึกษาลักษณะการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลด้านพลังงานในรูปแบบเดิมขององค์กร ตัวอย่างเพื่อทำความเข้าใจในระบบงานปัจจุบันและทำการระบุขอบเขตของโปรแกรม
- ศึกษาและกำหนดเครื่องมือในการพัฒนาโปรแกรมทั้งทางด้าน **hardware** และ **software**
- ศึกษาระยะเวลาที่ต้องใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

3.3 ขอบเขตการทำงานของโปรแกรม

ในการพัฒนาโปรแกรม **Energy Simulation** ในรูปแบบของการทำ **Energy Navigation and mapping** นั้นจะมีการวางโครงสร้างของระบบภายในโปรแกรมดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 โครงสร้างของระบบภายในโปรแกรม

โดยโปรแกรมจะแบ่งระบบย่อยออกเป็น 5 ระบบ ดังนี้

3.3.1 ระบบการจัดการอาคาร

เป็นระบบที่ออกแบบไว้เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถสร้าง / แก้ไข / ลบ อาคาร ได้

3.3.2 ระบบการจัดการพื้นที่/ห้อง

เป็นส่วนที่ผู้ใช้งานสามารถกำหนดหรือสร้างประเภทของห้อง เช่น สร้างประเภทของพื้นที่/ห้องเป็นห้องประชุม ห้องพัก เป็นต้น และยังสามารถสร้างพื้นที่/ห้องขึ้นมาใหม่ โดยพื้นที่/ห้องที่สร้างขึ้นมาจะอยู่ในอาคารตามที่ใช้กำหนดได้

3.3.3 ระบบการจัดการระบบ/อุปกรณ์

ในระบบนี้ผู้ใช้งานสามารถสร้างประเภทของระบบ/อุปกรณ์ เช่น สร้างประเภทของระบบ/อุปกรณ์เป็นเครื่องปรับอากาศ เครื่องคอมพิวเตอร์ หลอดไฟ เป็นต้น และยังสามารถสร้างระบบ/อุปกรณ์ขึ้นมาใหม่ โดยระบบ/อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาจะอยู่ในพื้นที่/ห้องตามที่ใช้กำหนดได้

3.3.4 ระบบการคำนวณ

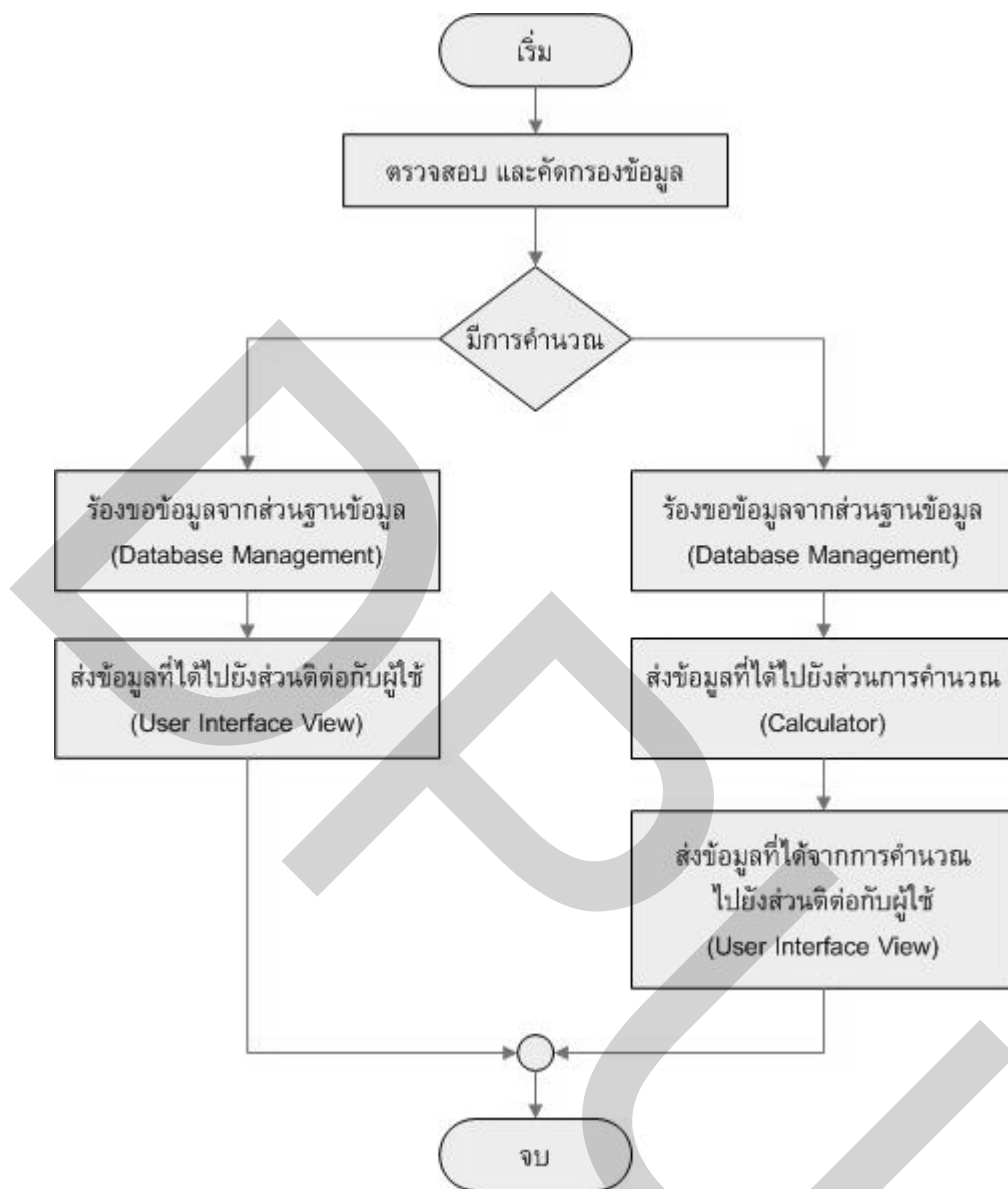
ในระบบนี้จะเป็นส่วนของภาคการคำนวณและเลียนแบบระบบ โดยผู้ใช้งานสามารถทราบค่าปริมาณการใช้พลังงานรวมถึงค่าครรชนิต่างๆจากคำนวณค่าไฟฟ้า หรือครรชนิตการใช้พลังงานต่อพื้นที่/ห้อง ชั้น อาคาร หรือต่อผลผลิตได้

3.3.5 ระบบการจัดการทั่วไป

ในระบบนี้เป็นระบบที่ผู้ใช้งานสามารถตั้งค่าพื้นฐานในการคำนวณ และสำหรับผู้ดูแลระบบจะสามารถจัดการกำหนดขีดจำกัดของผู้ใช้งานทั่วไปได้

3.4 ลำดับการทำงานของโปรแกรม

ในการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมจะมีการออกแบบระบบการทำงานพื้นฐานของโปรแกรมให้ตรวจสอบข้อมูลเป็นลำดับแรก เพื่อวิเคราะห์ว่าข้อมูลดังกล่าวต้องการการคำนวณหรือไม่ ซึ่งถ้าไม่ต้องการการคำนวณใดๆ โปรแกรมจะเข้าถึงฐานข้อมูล และแสดงผลให้กับผู้ใช้ โดยมีลำดับการทำงานดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ลำดับการทำงานของโปรแกรม

อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากลำดับการทำงานของโปรแกรมจะเห็นว่าเมื่อมีการคำนวณใดๆเกิดขึ้น โปรแกรมจะทำการดึงข้อมูลที่จำเป็นจากฐานข้อมูล que ผู้ใช้ได้ป้อนไว้ในลำดับแรกเพื่อนำมาคำนวณ และแสดงผลให้กับผู้ใช้ต่อไป

3.5 การออกแบบโปรแกรม

สถาปัตยกรรมของโปรแกรมจะถูกแบ่งเป็น 4 ชั้นดังรูป 3.3 โดยมีรายละเอียดดังนี้

3.5.1 Database เป็นลำดับชั้นที่อยู่ล่างสุดเป็นส่วนองฐานข้อมูลซึ่งเก็บข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลของอาคาร ห้อง/พื้นที่ อุปกรณ์/ระบบ และการตั้งค่าต่างๆ เป็นต้น โดยในโปรแกรมจะใช้ MySQL

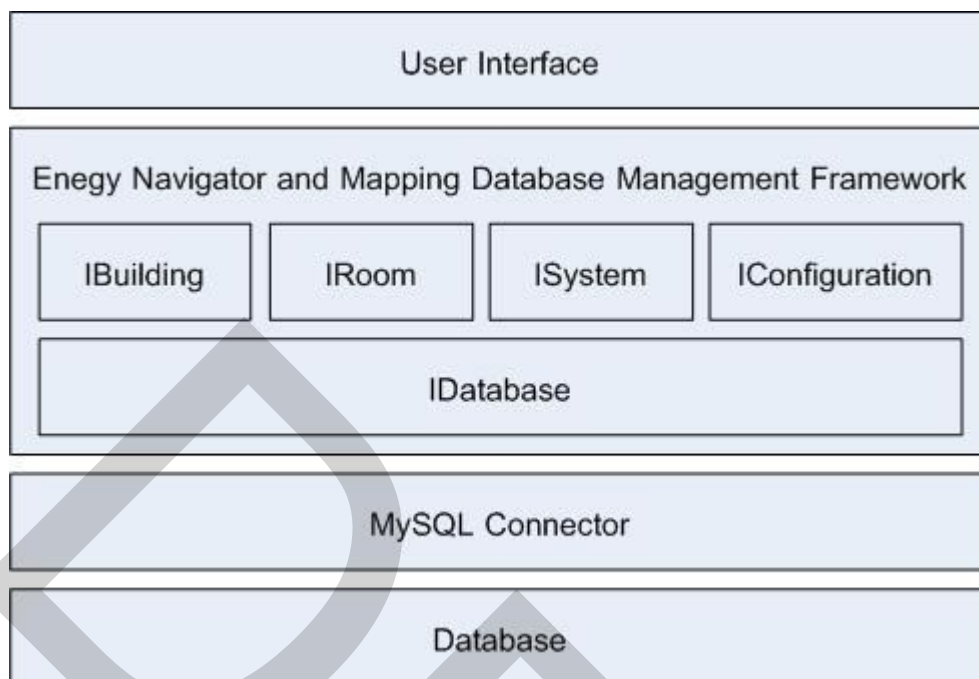
- MySQL Connector เป็นลำดับชั้นสำหรับการเชื่อมต่อฐานข้อมูลหลักของโปรแกรม

- Energy Navigation and Mapping Database Management Framework

3.5.2 Database เป็นลำดับชั้นย่อยที่อยู่ใน Energy Navigator and Mapping Database Management Framework ใช้ในการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อช่วยในการเข้าถึงข้อมูลในฐานข้อมูล เช่น การเพิ่มข้อมูล (Insert) การแก้ไขข้อมูล (Update) การลบข้อมูล (Delete) เป็นต้น ซึ่งคลาสในส่วนนี้จะมีฟังก์ชันสำหรับการเข้าถึงฐานข้อมูลพื้นฐานดังที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อง่ายต่อการนำมาใช้ในลำดับชั้นที่สูงกว่า

3.5.3 IBuilding, IRoom, ISystem และ IConfiguration เป็นส่วนการเชื่อมกับฐานข้อมูล โดยใช้ IDatabase ในการเข้าถึงฐานข้อมูล ซึ่งแต่ละกลุ่มคลาสจะจัดการข้อมูล เช่น เพิ่มข้อมูล ลบข้อมูล แก้ไขข้อมูล เฉพาะเจาะจงแต่ละส่วน ดังนี้ IBuilding จะจัดการข้อมูลของอาคาร IRoom จะจัดการข้อมูลของห้อง/พื้นที่ และ ชนิดของห้อง/พื้นที่ ISystem จะจัดการข้อมูลของอุปกรณ์/ระบบ และชนิดของอุปกรณ์/ระบบ IConfiguration จะจัดการข้อมูลของการตั้งค่าทั่วไป รวมถึงระบบผู้ใช้งาน

3.5.4 User Interface เป็นส่วนของการแสดงผลในรูปแบบของ Graphics User Interface (GUI) โดยจะเชื่อมต่อกับส่วนของ Energy Navigator and Mapping Database Management Framework เพื่อร้องขอข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อนำมาแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน อีกทั้งยังตอบสนองต่อเหตุการณ์ต่างๆ จากผู้ใช้งาน

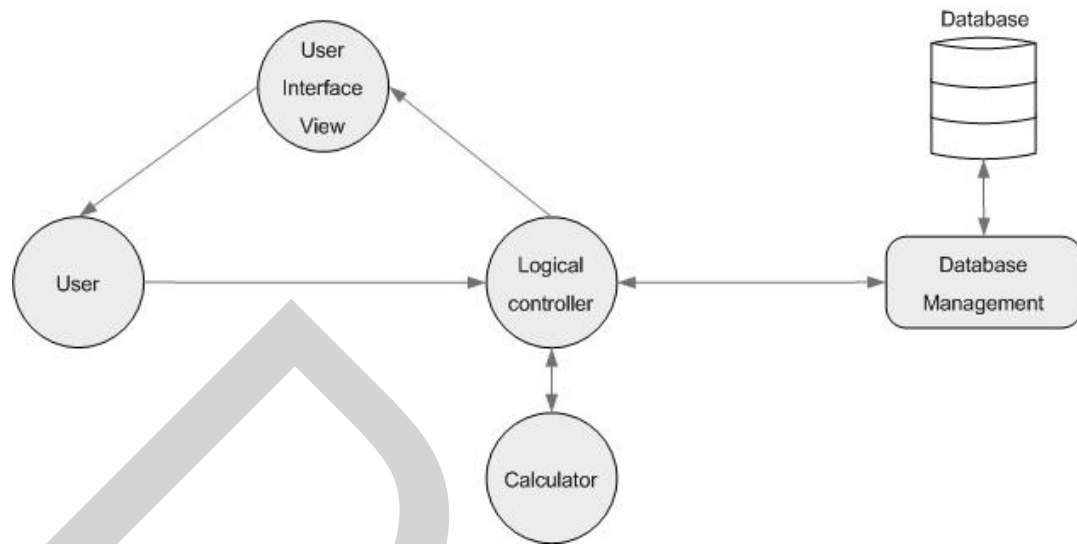


รูปที่ 3.3 สถาปัตยกรรมของโปรแกรม

3.6 โครงสร้างการทำงานของโปรแกรม

การทำงานของโปรแกรมจะแบ่งเป็นกลุ่มคลาส ซึ่งแต่ละกลุ่มจะทำงานร่วมกัน โดยจะแบ่งเป็น 4 กลุ่ม(รูปที่ 3.4) ดังนี้

- **Logical Controller** เป็นกลุ่มคลาสในการควบคุม และตัดสินใจการทำงานหลักของโปรแกรม กลุ่มคลาสนี้จะเชื่อมต่อกับส่วนอื่นๆทุกส่วน อีกทั้งยังตอบสนองการต่อกิจกรรมหรือเหตุการณ์จากผู้ใช้ด้วย
- **User Interface View** เป็นกลุ่มคลาสสำหรับการแสดงผลให้กับผู้ใช้งาน โดยในกลุ่มคลาสนี้จะประกอบด้วยหน้าต่างแสดงผลโปรแกรมในรูปแบบ **Graphic User Interface (GUI)** โดยข้อมูลที่นำมาแสดงผลจะต้องรับมาจากส่วนของ **Logical Controller**
- **Database Management** เป็นกลุ่มคลาสสำหรับการเชื่อมต่อฐานข้อมูล ซึ่งจะช่วยลดความยุ่งยากในการเข้าถึงฐานข้อมูลให้ง่ายขึ้นด้วยการแบ่งเป็นคลาสย่อยๆสำหรับเข้าถึงข้อมูลแต่ละชนิด ในกลุ่มคลาสนี้จะเชื่อมต่อไปยังส่วนของ **Logical Controller** โดยตรง
- **Calculator** เป็นกลุ่มคลาสสำหรับการคำนวณในโปรแกรม



รูปที่ 3.4 State diagram แสดงการทำงานทำงานของโปรแกรม

3.7 การออกแบบฐานข้อมูล

ในด้านของฐานข้อมูลจะถูกแบ่งออกเป็นฐานหลัก 4 ส่วนดังนี้

ข้อมูลส่วนที่หนึ่ง พื้นฐานภาพรวมของระบบซึ่งจะเป็นส่วนที่เก็บข้อมูลพื้นฐานภาพรวมใหญ่ทั้งหมดของ **Global Table Energy Map** ของอาคารหรือกลุ่มอาคารนั้นๆ โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

ตาราง 3.1 Building เก็บข้อมูลของอาคาร

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
ID	Integer	11	Yes	-	Auto-increment
Building_type ID	Integer	11	-	-	-
Building_name	String	255	-	-	-
Floor_number	Integer	11	-	-	-
Detail	String	255	-	-	-

ข้อมูลส่วนที่สองเป็นข้อมูลส่วนรายละเอียดซึ่งจะมีรายละเอียดในอาคารย่อยแต่ละอาคาร ตาม **Local Energy Map** ซึ่งจะถูกกำหนดและแบ่งส่วนรายละเอียดปลีกย่อยที่ลึกลงไปในแต่ละชั้นของอาคารนั้นๆ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลดังตารางที่ 3.2

ตาราง 3.2 Floor เก็บข้อมูลของห้อง/พื้นที่

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
ID	Integer	11	Yes	-	Auto-increment
ID_building	Integer	11	-	Yes	building.id
ID room	Integer	11	-	Yes	room_type.room_type_id
Room name	String	100	-	-	-
Floor	Integer	11	-	-	-
Quantity	Float	-	-	-	-
Unit	String	20	-	-	-
Area	Float	-	-	-	-

ข้อมูลส่วนที่สามเป็นข้อมูลส่วนรายละเอียดของอุปกรณ์ในห้องซึ่งจะมีรายละเอียดในอาคารย่อยแต่ละอาคาร ตาม **Zone Energy Map** ซึ่งจะถูกกำหนดและแบ่งส่วนรายละเอียดปลีกย่อยที่ลึกลงไปในแต่ละชั้นของอาคารนั้นๆ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลดังตารางที่ 3.3

ตาราง 3.3 Room Type เก็บข้อมูลประเภทของห้อง/พื้นที่

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
Room Type ID	Integer	11	Yes	-	Auto-increment
Room Type name	String	255	-	-	-
Detail	String	255	-	-	-

ข้อมูลส่วนที่สี่เป็นข้อมูลส่วนรายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ที่อยู่ในห้องซึ่งจะมีรายละเอียดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่างๆที่ติดตั้งในทุกห้อง ตาม Sub Zone Energy Map ซึ่งจะถูกกำหนดและแบ่งส่วนรายละเอียดปลีกย่อยที่ลึกลงไปในแต่ละชั้นของอาคารนั้นๆ โดยมีรายละเอียดของข้อมูลดังตารางที่ 3.4

ตาราง 3.4 Setting เก็บข้อมูลการตั้งของการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในส่วนย่อย

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
Electricity charge	Float	-	-	-	

อย่างไรก็ตามในส่วนขงรายละเอียดของอุปกรณ์ที่เป็นเครื่องจักรในแต่ละตัวนั้นเพื่อให้สามารถคำนวณและเลียนแบบระบบในการทำงานเพื่อให้สามารถได้ข้อมูลที่ต้องการและแม่นยำในทุกส่วนจึงต้องมีการเก็บรายละเอียดของปลีกย่อยของอุปกรณ์ดังตารางที่ 3.5

ตาราง 3.5 System เก็บข้อมูลการตั้งค่ารายละเอียดของอุปกรณ์ในส่วนย่อย

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
ID	Integer	11	Yes	-	Auto-increment
ID building	Integer	11	-	Yes	building.id
ID room	Integer	11	-	Yes	room.id
ID system	Integer	11	-	Yes	system_type. system_type_id
System_sn	String	30	-	-	Serial number
System_name	String	255	-	-	-
Suantity	Integer	11	-	-	-
Unit	String	50	-	-	-
Power	float	-	-	-	-
Year_install	Integer	11	-	-	-
Life time	Integer	11	-	-	-

ในการคำนวณค่าการใช้พลังงานของอุปกรณ์ให้มีความถูกต้องแม่นยำค่า Factor ตัวคูณของการทำงาน (Used factor) ค่าสัดส่วนการทำงานของเครื่อง (Work Ratio หรือ Duty Cycle) หรือตัวแปรในด้านของประสิทธิภาพของอุปกรณ์ เป็นต้น ดังตารางที่ 3.6

ตาราง 3.6 System_type เก็บข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของอุปกรณ์

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
System_type_ID	Integer	11	Yes	-	Auto-increment
System_type_name	String	255	-	-	-
Detail	String	255	-	-	-
Factor	Float	-	-	-	-

ในด้านของการเข้าถึงฐานข้อมูลและการระบุผู้ใช้รวมถึงระบบด้านความปลอดภัยของข้อมูลซึ่งเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการทำแผนที่และระบบนำร่องด้านพลังงาน เนื่องจากในการใช้งานโปรแกรมต้องมีการป้อนข้อมูลที่เป็นข้อมูลทั้งหมดของอาคารหรือสถานประกอบการนั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งในโรงงานอุตสาหกรรมที่ข้อมูลต่างๆล้วนเป็นข้อมูลปกปิดดังนั้นการเข้าถึงข้อมูลของผู้ใช้โปรแกรมนี้จึงต้องมีระดับความปลอดภัยที่สูงพอโดยการเก็บข้อมูลในส่วนนี้แสดงในตารางที่ 3.7

ตาราง 3.7 User_info เก็บข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของอุปกรณ์

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
user_id	Integer	11	Yes	-	Auto-increment
user_name	String	11	-	-	-
user_firstname	String	50	-	-	-
user_lastname	String	50	-	-	-
sex	Integer	11	-	-	-
citizen_id	String	11	-	-	-

ตาราง 3.7 User_info เก็บข้อมูลการตั้งค่าต่างๆของอุปกรณ์ (ต่อ)

Field name	Data type	Length	Primary key	Foreign key	Detail
address	String	255	-	-	-
telephone	String	10	-	-	-
Status	Integer	11	-	-	-

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 โปรแกรม Energy Navigation and Mapping

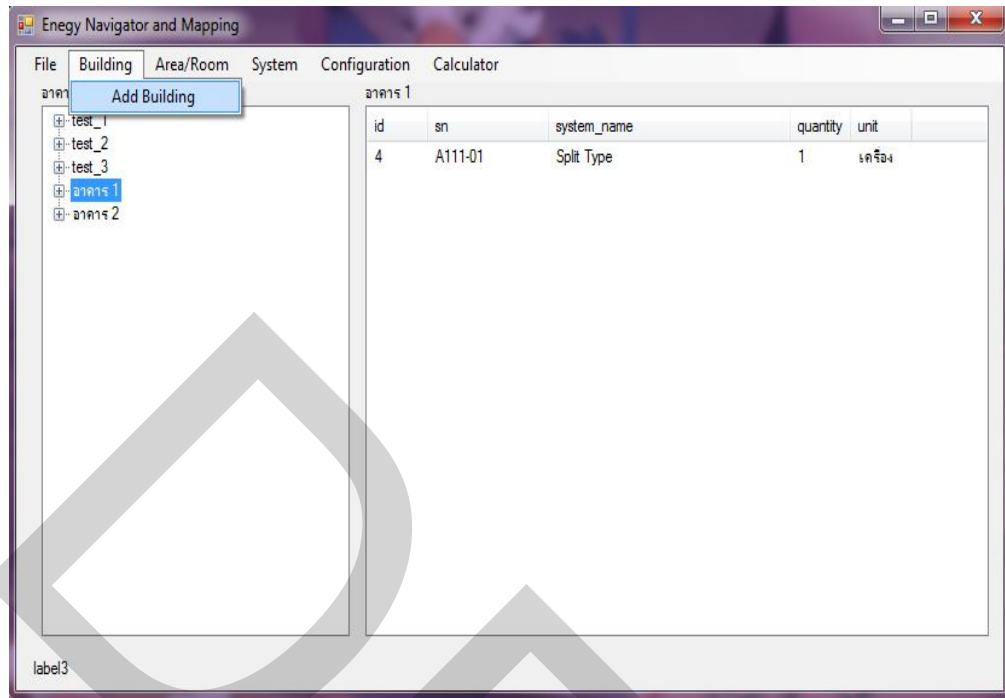
Energy Navigation and Mapping เป็นโปรแกรมที่ช่วยในการรวบรวมข้อมูลด้านพลังงานขององค์กรอย่างเป็นระบบเพื่อช่วยให้ผู้ใช้งานประเมินปริมาณการใช้พลังงานของแต่ละส่วนขององค์กรและวางมาตรการในการบริหารจัดการพลังงานได้ รวมถึงสามารถนำข้อมูลของอุปกรณ์และเครื่องจักรมาใช้งานได้สะดวกในด้านต่างๆ เช่นด้านการบำรุงรักษา การประเมินนัยสำคัญด้านพลังงาน การจัดซื้ออุปกรณ์ใหม่ เป็นต้น โดยการเก็บข้อมูลของระบบต่างๆ ต้องมีการกำหนดรายการสัญลักษณ์ของแต่ละระบบเพื่อความเข้าใจของผู้ใช้งานฐานข้อมูลสามารถกำหนดสัญลักษณ์ ได้ดังนี้

A	หมายถึง ระบบปรับอากาศ
L	หมายถึง ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
FLR(L)36	หมายถึง โคมไฟมีแผ่นสะท้อนแสงใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W และบัลลาสต์ชนิดสตูดยเสียดำ
EE	หมายถึง ระบบสื่อการเรียนการสอน

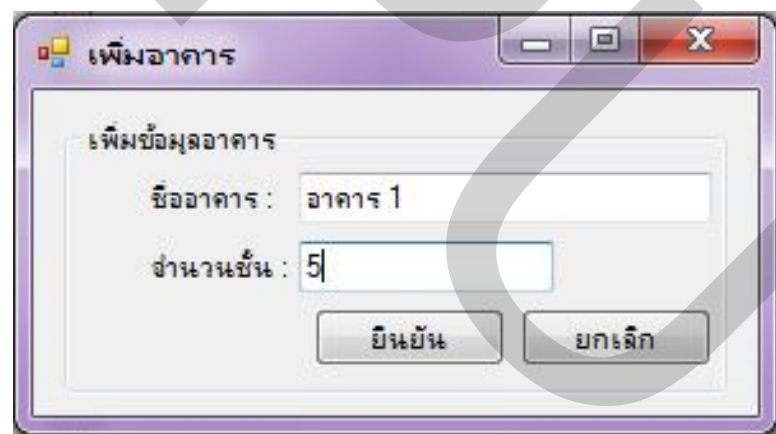
ซึ่งการใช้งานของโปรแกรมจะต้องมีการเตรียมข้อมูลและอุปกรณ์เพื่อใช้ในการประมวลผลดังต่อไปนี้

4.1.1 รายละเอียดส่วนของอาคาร ได้แก่

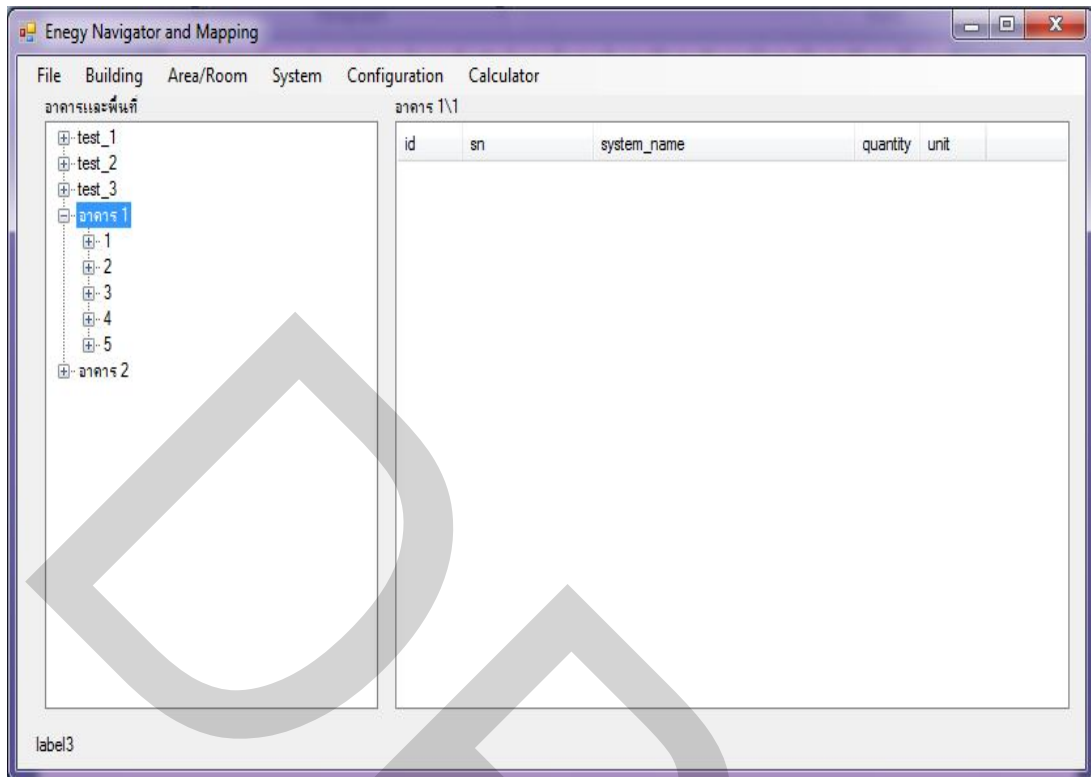
- ชื่ออาคาร
- จำนวนชั้น
- รหัสห้องเรียน
- พื้นที่ห้องเรียน
- จำนวนนักศึกษา (มาตรฐานจำนวนเหมาะสมกับพื้นที่ห้องเรียน)



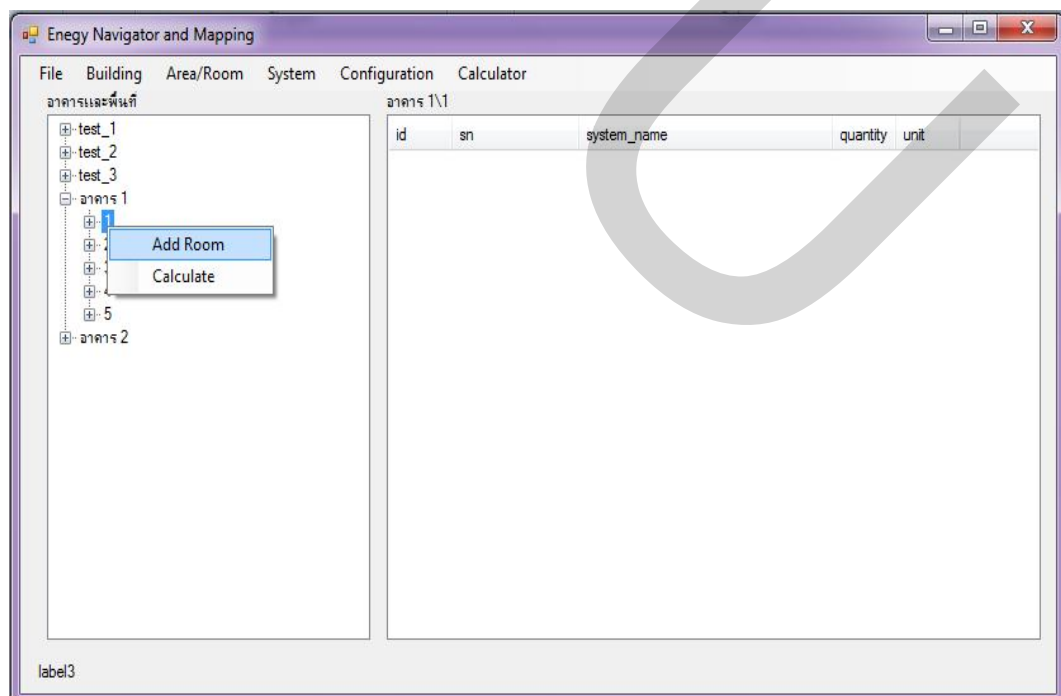
รูปที่ 4.1 การเพิ่มส่วนของอาคารลงในฐานข้อมูล



ภาพที่ 4.2 การเพิ่มข้อมูลของของอาคารที่ต้องการ

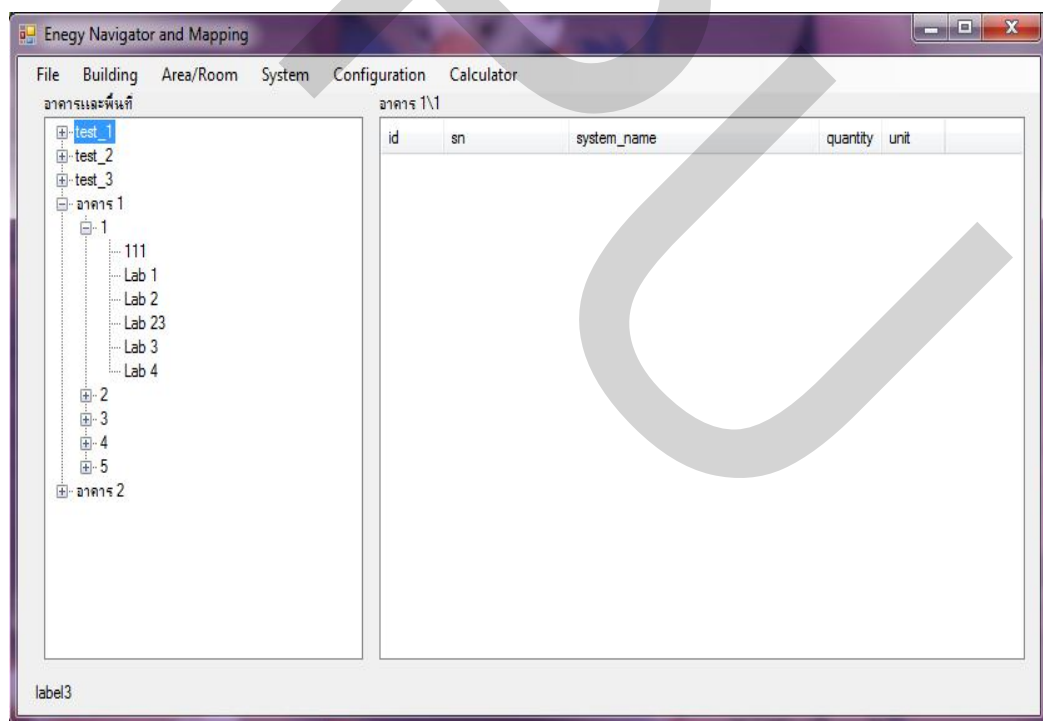


รูปที่ 4.3 แสดงข้อมูลของอาคารที่บันทึกในหน้าโปรแกรม



รูปที่ 4.4 การเพิ่มห้องของแต่ละชั้นในส่วนของอาคาร

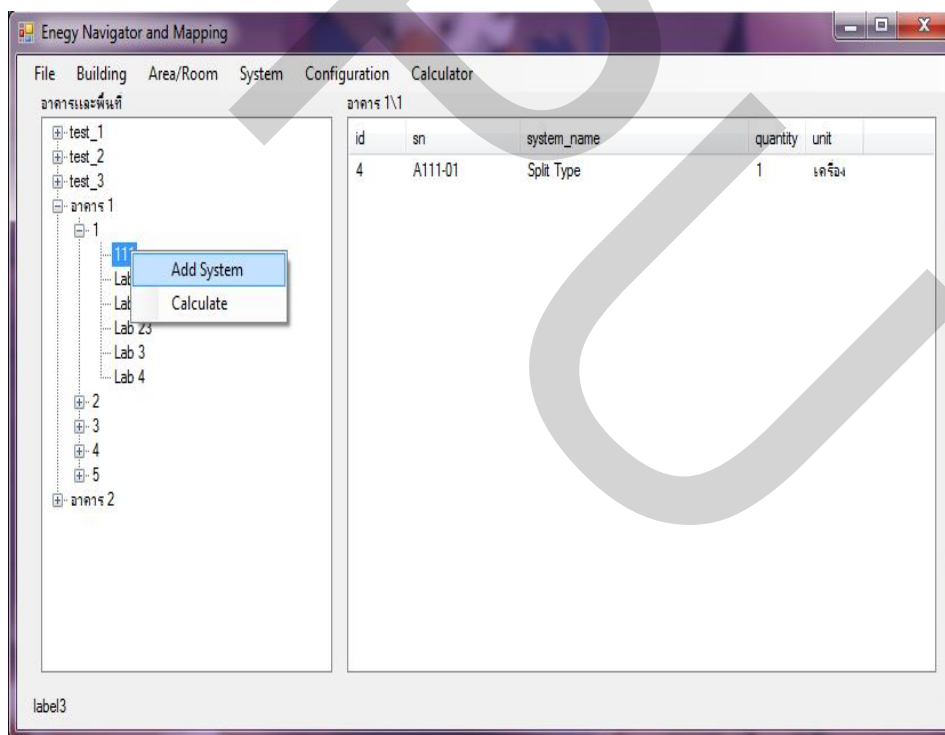
รูปที่ 4.5 การเพิ่มข้อมูลห้องของแต่ละชั้นของอาคารและประเภทของห้องในอาคารในฐานะข้อมูล



รูปที่ 4.6 แสดงผลชื่อห้องที่บันทึกในฐานะข้อมูล

4.1.2 รายละเอียดส่วนของระบบปรับอากาศ ได้แก่

- รหัสอุปกรณ์
- รายการอุปกรณ์
- จำนวน
- ยี่ห้อ
- ปีที่ติดตั้ง
- แรงดัน
- กระแส
- เพาเวอร์แฟกเตอร์
- กำลังไฟฟ้า (kW)
- เฟสทางไฟฟ้า
- ขนาดการทำความเย็น (หน่วย Btu/h)

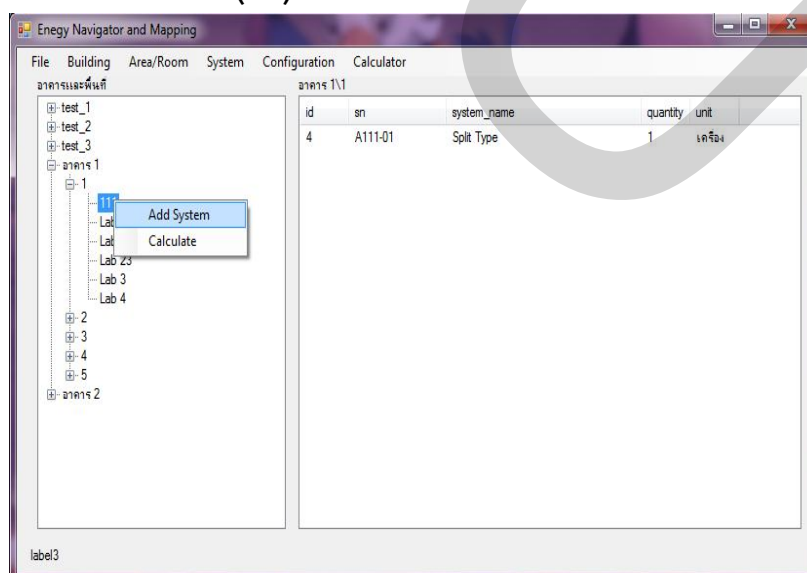


รูปที่ 4.7 การเพิ่มข้อมูลระบบปรับอากาศของห้อง

รูปที่ 4.8 การบันทึกข้อมูลระบบปรับอากาศ

4.1.3 รายละเอียดส่วนของระบบไฟฟ้าส่องสว่าง ได้แก่

- รหัสอุปกรณ์
- รายการอุปกรณ์
- จำนวนหลอดต่อโคม
- จำนวนโคม
- ยี่ห้อหลอดไฟ
- กำลังไฟฟ้า (kW)

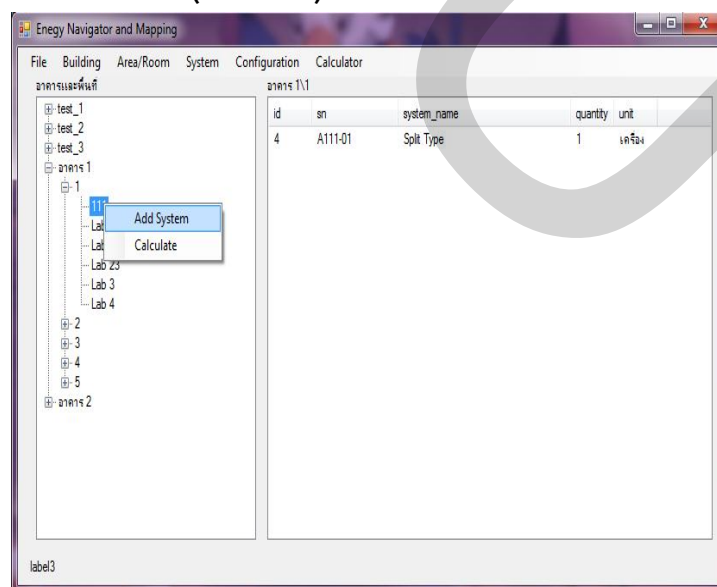


รูปที่ 4.9 การเพิ่มข้อมูลระบบไฟฟ้าส่องสว่างของห้อง

ภาพที่ 4.10 การบันทึกข้อมูลระบบไฟฟ้าส่องสว่าง

4.1.4 รายละเอียดส่วนของระบบสื่อการเรียนการสอน

- รหัสอุปกรณ์
- รายการอุปกรณ์
- จำนวน
- ยี่ห้อ
- กำลังไฟฟ้า (หน่วย kW)



รูปที่ 4.11 การเพิ่มข้อมูลระบบสื่อการเรียนการสอนของห้อง

รูปที่ 4.12 การบันทึกข้อมูลระบบสื่อสารเรียนการสอน

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรม

ในการทดสอบโปรแกรม **Energy Navigation and Mapping** จะทำการทดสอบโปรแกรม โดยใช้อาคารกรณีศึกษาเป็นอาคาร 1 และ 2 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต ซึ่งใช้เป็นอาคารสำหรับใช้ในการเรียนการสอน โดย อาคาร 1 เป็นอาคารขนาดความสูง 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 3,450 m² ห้องเรียน 21 ห้อง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 4 ห้องและ อาคาร 2 มีขนาดความสูง 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 3,450 m² ห้องเรียน 21 ห้อง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 2 ห้อง แสดงดังรูปที่ 4.1และ 4.2



รูปที่ 4.13 อาคาร 1 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์



รูปที่ 4.14 อาคาร 2 ของมหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์

ข้อมูลอุปกรณ์และการใช้ห้องรวมถึง **factor** ต่างๆทั้งหมดทั้งด้านพลังงานและการใช้งานจะมาจากแบบ และบิลค่าไฟฟ้ารวมถึงข้อมูลการใช้ห้องทั้งหมดเพื่อนำมาป้อนเข้าสู่ฐานข้อมูลของโปรแกรมและสามารถประมาณการใช้พลังงานรวมของอาคารได้ในทุกระดับ โดยเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ที่เป็นสิ่งอำนวยความสะดวกภายในอาคาร สามารถแบ่งตามหน้าที่และกิจกรรมของการใช้งานของอุปกรณ์ในแต่ละระบบ โดยประกอบด้วย ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสื่อการเรียนการสอน ระบบลิฟต์โดยสาร และอุปกรณ์อื่นๆ ในระบบต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ค่าไฟฟ้า (บาท) การใช้พลังงานต่อคน (kWh/คน) ค่าไฟฟ้าต่อคน(บาท/คน) การใช้พลังงานต่อตารางเมตร (kWh/m²) ข้อมูลพื้นฐานทั้งหมดต้องถูกป้อนเข้าสู่ฐานข้อมูลของโปรแกรมซึ่งโปรแกรมจะสามารถประเมินในส่วนของห้องเรียน และห้องปฏิบัติการรวมถึงจะแสดงข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์การใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและ ระบบสื่อการเรียนการสอนของห้องเรียนและห้องสำนักงานพร้อมกับการเก็บข้อมูลในระบบลิฟต์โดยสารของอาคาร การเก็บรวบรวมข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์ในระบบต่างๆ

โปรแกรม **Energy Navigation and Mapping** จะแสดงข้อมูลด้านพลังงานโดยผลในการจัดทำฐานข้อมูลด้านพลังงาน โดยรูปแบบของรายงานที่แสดงถึงการใช้พลังงานของอาคารสามารถแสดงรูปแบบของรายงานได้ 4 ระดับ คือ

1. การรายงานฐานข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาพรวม (Global Energy Map, GEM)

GEM เป็นการแสดงผลฐานข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร 1 (รูปที่ 4.1) และอาคาร 2 (รูปที่ 4.2) ซึ่งเป็นการแสดงถึงภาพรวมของอาคาร ประกอบด้วยการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและ ระบบสื่อการเรียนการสอน ดังข้อมูลที่แสดงในระบบจะประกอบด้วย ชื่ออาคาร ชั่วโมงการใช้งาน พื้นที่ รายการอุปกรณ์และข้อมูลการใช้พลังงาน คือ พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน จากการใช้พลังงานในอาคาร โดยมีชั่วโมงการใช้งานต่อวันประมาณ 9 ชั่วโมง การเก็บรวบรวมข้อมูลในระบบฐานข้อมูล สามารถที่จะประเมินค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานของอาคารได้ เพื่อวางแผนการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับการจัดการเรียน แสดงดังตารางที่ 4.1

2. การรายงานฐานข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาค (Local Energy Map, LEM)

LEM เป็นการแสดงผลฐานข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร 3 (สัจจาเกตุทต) โดยการแสดงตามชั้นต่างๆของอาคาร ซึ่งจะแสดงข้อมูลการใช้พลังงานของระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อการเรียนการสอน ข้อมูลที่แสดงประกอบด้วย ชื่ออาคาร ชั่วโมงการใช้งาน

ชั้นของอาคาร รายการอุปกรณ์และข้อมูลการใช้พลังงาน คือ พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน การเก็บข้อมูลในระดับภาค (ระดับชั้น) สามารถประเมินค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของอาคารที่ลงลึกได้อีกระดับหนึ่ง และสามารถทราบการใช้พลังงานด้านพลังงานในแต่ละชั้นได้ พร้อมเก็บข้อมูลเป็นสถิติทำการเปรียบเทียบการใช้พลังงานในแต่ละชั้นได้ เพื่อตอบสนองการประหยัดพลังงาน แสดงดังตารางที่ 4.2

3. การรายงานฐานข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่เขต (Zone Energy Map, ZEM)

ZEM เป็นการแสดงผลฐานข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารในระดับพื้นที่ (ระดับห้อง) แยกรายละเอียดตามการใช้งาน ซึ่งการแสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานประกอบด้วย ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อการเรียนการสอนของห้องเรียน ข้อมูลที่แสดงประกอบด้วย ชื่ออาคาร ชั้นของอาคาร ชั่วโมงการใช้งาน รหัสห้อง จำนวนนักศึกษาและจำนวนอาจารย์และบุคลากร รายการอุปกรณ์และข้อมูลการใช้พลังงาน คือ พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน การเก็บข้อมูลในระดับนี้ไปถึงข้อมูลการใช้พลังงานของของเรียนหรือห้องคอมพิวเตอร์ แสดงดังตารางที่ 4.3

4. การรายงานฐานข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่เขตย่อย (Sub Zone Energy Map, SEM)

SEM เป็นการแสดงผลฐานข้อมูลการใช้พลังงานของอาคารในระดับของห้องของอาคาร โดยแสดงข้อมูลการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในห้อง ซึ่งการแสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานประกอบด้วย ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบสื่อการเรียนการสอน ข้อมูลที่แสดงประกอบด้วย ชื่ออาคาร ชั้นของอาคาร รหัสห้อง ชั่วโมงการใช้งาน จำนวนนักศึกษา รายการอุปกรณ์และข้อมูลการใช้พลังงาน คือ พลังงานไฟฟ้า ค่าพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน ค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อคน การเก็บข้อมูลรายละเอียดอุปกรณ์ภายในห้อง สามารถทราบรายละเอียดของการใช้พลังงานของอุปกรณ์ในแต่ละระบบของห้อง พร้อมทั้งยังเป็นข้อมูลสำหรับการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ด้วย แสดงดังตารางที่ 4.4

การรายงานข้อมูลการใช้พลังงานในห้องเรียน จากจำนวนนักศึกษามาตรฐานที่กำหนดในแต่ละห้อง ข้อมูลการใช้พลังงานทั้งหมดภายในห้อง สามารถที่จะเลือกขนาดของห้องที่มีจำนวนที่นั่งนักศึกษาที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานของห้องและการค่าการใช้พลังงานต่อจำนวนนักศึกษามาตรฐาน การใช้โปรแกรม **Energy Navigation and Mapping** ในการสืบค้นและประมวลผลคำนวณจากการเก็บปริมาณพลังงาน ข้อมูลที่แสดงจะประกอบด้วย ชื่ออาคาร ชั้นของอาคาร รหัสห้องและข้อมูลการใช้พลังงานในห้องของระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบสื่อการเรียนการสอน โดยสามารถนำไปบูรณาการกับอาคารประเภทต่างๆ ที่จะเลือกขนาดของห้องให้สอดคล้องกับการใช้งานของผู้ใช้อาคารและปริมาณของพลังงาน แสดงดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.1 แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาพรวม (Global Energy Map, GEM)

ข้อมูลการใช้พลังงาน					
อาคาร 1 ความสูงของอาคาร 5 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 3,450 ตารางเมตร ห้องเรียน 21 ห้อง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 4 ห้อง					
อาคาร 2 ความสูงของอาคาร 5 ชั้น พื้นที่ใช้สอย 3,450 ตร.ม. ห้องเรียน 21 ห้อง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 2 ห้อง					
เวลาการใช้งาน จำนวน 1 ชั่วโมง					
อาคาร	ระบบ	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	การใช้พลังงานต่อคน (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อคน (บาท)
อาคาร 1	ระบบปรับอากาศ	206.27	721.95	0.10	0.33
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	24.86	87.01	0.01	0.04
	ระบบสื่อการเรียนการสอน	34.30	120.05	0.02	0.06
	รวม	265.43	929.01	0.13	0.43
อาคาร 2	ระบบปรับอากาศ	229.23	802.31	0.11	0.38
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	22.32	78.12	0.01	0.04
	ระบบสื่อการเรียนการสอน	22.45	78.58	0.01	0.04
	รวม	274.00	959.01	0.13	0.46
รวมปริมาณพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า		539.43	1,888.02	0.26	0.89

ตารางที่ 4.2 แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาค

ข้อมูลการใช้พลังงาน					
อาคาร 1 ความสูงของอาคาร 5 ชั้น มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 3,450 ตารางเมตร ห้องเรียน 21 ห้อง ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ 4 ห้อง เวลาการใช้งาน จำนวน 1 ชั่วโมง					
ชั้น	ระบบ	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	การใช้พลังงานต่อคน (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อคน (บาท)
1	ระบบปรับอากาศ	32.87	115.05	0.14	0.48
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	4.20	14.70	0.02	0.06
	ระบบสื่อการเรียนการสอน	27.70	96.95	0.11	0.40
	รวม	64.77	226.70	0.27	0.94
2	ระบบปรับอากาศ	35.45	124.08	0.08	0.27
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	4.03	14.11	0.01	0.03
	ระบบสื่อการเรียนการสอน	2.38	8.33	0.01	0.02
	รวม	41.86	146.52	0.10	0.32

ตารางที่ 4.2 แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ภาค (ต่อ)

ชั้น	ระบบ	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	การใช้พลังงานต่อคน (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อคน (บาท)
3	ระบบปรับอากาศ	37.46	131.11	0.08	0.28
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	4.03	14.11	0.01	0.03
	ระบบสื่อสารการเรียนการสอน	1.02	3.57	0.00	0.01
	รวม	42.51	148.79	0.09	0.32
4	ระบบปรับอากาศ	44.68	156.38	0.09	0.32
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	4.03	14.11	0.01	0.03
	ระบบสื่อสารการเรียนการสอน	1.84	6.44	0.00	0.01
	รวม	50.55	176.93	0.10	0.36
5	ระบบปรับอากาศ	55.81	195.34	0.11	0.38
	ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	8.57	30.00	0.02	0.06
	ระบบสื่อสารการเรียนการสอน	1.36	4.76	0.00	0.01
	รวม	65.74	230.01	0.13	0.45
รวมปริมาณพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า		265.43	929.04	0.69	2.39

ตารางที่ 4.3 แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่เขต

ข้อมูลการใช้พลังงาน							
อาคาร 1 ชั้น 3 ห้องเรียน 131-133 เวลาการใช้งานจำนวน 1 ชั่วโมง							
ห้อง	พื้นที่ (ตร.ม.)	จำนวนนักศึกษา (คน)	ระบบ	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	การใช้พลังงานต่อคน (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อคน (บาท)
131	96	100	ระบบปรับอากาศ	8.27	28.95	0.08	0.29
			ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	1.01	3.54	0.01	0.04
			ระบบสื่อการเรียนการสอน	0.34	1.19	0.00	0.01
			รวม	9.62	33.68	0.09	0.34
132	180	200	ระบบปรับอากาศ	14.76	51.66	0.07	0.26
			ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	1.68	5.88	0.01	0.03
			ระบบสื่อการเรียนการสอน	0.34	1.19	0.00	0.01
			รวม	16.78	58.73	0.08	0.30
133	144	160	ระบบปรับอากาศ	14.43	50.51	0.09	0.31
			ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	1.34	4.69	0.01	0.03
			ระบบสื่อการเรียนการสอน	0.34	1.19	0.00	0.010
			รวม	16.11	56.39	0.10	0.35
รวมปริมาณพลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้า				42.51	148.80	0.27	0.32

ตารางที่ 4.4 แสดงผลข้อมูลการใช้พลังงานแบบแผนที่ขจัดย่อย

ข้อมูลการใช้พลังงาน				
อาคาร 1 ชั้น 3 ห้องเรียน 132 เวลาการใช้งาน จำนวน 1 ชั่วโมง จำนวนนักศึกษา 200 คน				
ระบบ	พลังงานไฟฟ้า (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	การใช้พลังงานต่อคน (kWh)	ค่าไฟฟ้าต่อคน (บาท)
ระบบปรับอากาศ	22.14	77.49	0.011	0.39
ระบบไฟฟ้าส่องสว่าง	2.52	8.82	0.01	0.04
ระบบสื่อการเรียนการสอน	0.51	1.79	0.00	0.01
รวม	25.17	88.10	0.12	0.44

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การพัฒนากระบวนการนำร่องและแผนที่พลังงาน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสนับสนุนและช่วยเหลือในการทำงานด้านพลังงานตามกฎหมายใน พระราชบัญญัติเพื่อส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ปี พ.ศ. 2550 ได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด และเป็นเครื่องมือที่สำคัญในการทำงานด้านการวางมาตรการในการอนุรักษ์พลังงานรวมถึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลพื้นฐานในการใช้พลังงานได้เป็นอย่างดี ระบบนำร่องด้านพลังงานเป็นระบบที่ช่วยเหลือในการประมาณค่าการใช้พลังงานรวมถึงหาค่าดัชนีการใช้พลังงานที่สำคัญและมีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับผู้รับผิดชอบด้านพลังงานในอาคารหรือโรงงาน

สำหรับการวิจัยนี้จะใช้อาคารประเภทสถานศึกษาเป็นอาคารทดสอบโปรแกรมซึ่งในการทำงานต้องมีการวางแผนงานอย่างเป็นระบบ เริ่มจากการรวบรวมข้อมูลด้านต่างๆทั้งอุปกรณ์ต่างๆทั้งหมดที่จะลงในแผนที่พลังงาน (Equipment List) พื้นที่ในห้องต่างๆ เวลาการทำงาน ประสิทธิภาพของระบบ รวมถึงการบำรุงรักษาที่ถูกต้องตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด (ค่าที่ลงจะเป็นค่า Work Ratio, Use Factor หรือ System Efficiency) จากการพัฒนากระบวนการนำร่องและแผนที่พลังงาน โดยทำการทดสอบโปรแกรมกับอาคาร 1 และ 2 ของ มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต และดำเนินการป้อนข้อมูลในส่วนของห้องเรียนและห้องปฏิบัติการ ในการจัดทำฐานข้อมูลแผนที่และระบบนำร่องด้านพลังงานนั้น ลักษณะของแผนที่พลังงานสามารถแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ

1) แผนที่ภาพรวม (Global Energy Map) เป็นแผนที่พลังงานที่แสดงถึงภาพรวมของการใช้พลังงานทั้งหมดของอาคารในรูปของปริมาณพลังงานรวม และดัชนี การใช้พลังงานรวมในรูปของพลังงานต่อพื้นที่และ ค่าใช้จ่ายต่ออาคาร

2) แผนที่ภาค (Local Energy Map) เป็นแผนที่พลังงานที่เป็นกลุ่มย่อยโดยมีขนาดรองลงมาจากแผนที่ภาพรวมซึ่งสามารถมองค่าย่อยลงไปเป็นรูปของค่าปริมาณพลังงานรวมต่อชั้นและดัชนี การใช้พลังงานรวมในรูปของพลังงานต่อพื้นที่และ ค่าใช้จ่ายต่อชั้น

3) แผนที่เขต (Zone Energy Map) เป็นแผนที่พลังงานที่มีขนาดรองลงมาจากแผนที่ภาค ซึ่งสามารถมองค่าย่อยลงไปอีกคือในรูปของค่าปริมาณพลังงานต่อห้อง และครรชนี การใช้พลังงานรวมในรูปของพลังงานต่อห้องและค่าใช้จ่ายต่อห้อง

4) แผนที่เขตย่อย (Sub Zone Energy Map) เป็นส่วนประกอบและขนาดที่รองลงมาจากแผนที่เขต ทำให้สามารถบอกถึงรายละเอียดการใช้พลังงานของอุปกรณ์ ชนิดอุปกรณ์ และสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ใช้สอยทั้งอาคารและเป็นสารสนเทศรายอุปกรณ์ที่สำคัญต่อการทำงานด้านพลังงานอย่างมาก

เนื่องจากอาคารที่ใช้ทดสอบเป็นอาคารเรียนข้อมูลซึ่งจะมีอุปกรณ์หลัก 4 ระบบ คือ ระบบปรับอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบสื่อการเรียนการสอนสำหรับห้องเรียน ห้องปฏิบัติการ และระบบลิฟต์โดยสารสำหรับอาคาร ข้อมูลของอุปกรณ์ต่างๆเหล่านี้จะใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานที่มีประโยชน์ต่อการทำงานและการทำงานด้านบำรุงรักษา โดยการศึกษานี้จะทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานของอาคารส่วนต่างๆ คือ ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh), ค่าไฟฟ้า (บาท), การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่ (kWh/m^2), ค่าไฟฟ้าต่อพื้นที่ (บาท/ตรม.) ข้อมูลการใช้พลังงานของอาคาร รวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์มีความสะดวกในการป้อนข้อมูล จัดเก็บ ค้นหาข้อมูล รวมถึง การประเมินค่าพลังงานได้อย่างรวดเร็ว มีความถูกต้องใกล้เคียง พร้อมทั้งมีประสิทธิภาพในการสนับสนุนการทำงานได้อย่างสูงสุด

5.2 อภิปรายผลการศึกษา

การพัฒนาการพัฒนาระบบนำร่องและแผนที่พลังงานโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาฐานข้อมูลด้านพลังงาน โดยวิธีแผนที่และระบบนำร่องด้านพลังงาน เพื่อใช้กับอาคารต่างๆรวมถึงทำการประเมินปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าจากฐานข้อมูลด้านพลังงานในอาคารประเภทสถานศึกษาโดยใช้โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น

เมื่อได้พัฒนาโปรแกรมเสร็จสมบูรณ์แล้วได้ทำการทดสอบโดยใช้อาคารประเภทสถานศึกษา เพื่อให้ได้โครงสร้างการใช้พลังงานของอาคารในทุกๆระบบ เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบระบบสื่อการเรียนการสอน และระบบลิฟต์โดยสารสำหรับอาคารรวมถึงการใช้ระบบนำร่องเพื่อประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าจากข้อมูลด้านพลังงานของอาคาร และ ครรชนี การใช้พลังงาน ซึ่งโปรแกรมสามารถแสดงผลได้หลายรูปแบบได้แก่ แบบแผนที่ภาพรวมทั้งอาคาร แบบแผนที่ภาคพิจารณาเป็นชั้น แบบแผนที่เขตพิจารณาเป็นห้อง และแบบแผนที่เขตย่อยที่เป็น การพิจารณารายอุปกรณ์ ในการทำงานด้านพลังงานในปัจจุบันที่ประกอบด้วย การจัดเก็บข้อมูลในด้านของเครื่องจักรอุปกรณ์ (ตาม EMS ข้อ 3 การประเมินศักยภาพด้านเทคนิค) ระบบต่างๆ และ

ดรชนิต่างๆ รวมถึงการทำข้อมูลด้านพลังงาน นั้นยังไม่มี การนำเทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์วิจัยนี้ จึงเป็นการพัฒนา โปรแกรมระบบฐานข้อมูลและระบบนำร่องเพื่อการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลงาน วิศวกรรมและการเป็นการทำระบบสนับสนุนในการทำงานด้านพลังงานที่สมบูรณ์แบบที่มีการ ผสมผสานการเก็บข้อมูลอุปกรณ์ การใช้พลังงาน การนำร่องหรือประเมินข้อมูลด้านพลังงานอย่าง ครบถ้วนจะทำให้เกิดการยกระดับและสนับสนุนการทำงานพลังงานตามกฎหมายและตาม มาตรฐาน ISO-50001 ได้รวมถึงจะสามารถทำให้การสนับสนุนและวางแผนของอาคารเพื่อให้เป็น "อาคารเขียวหรือ อาคารอนุรักษ์พลังงาน" ได้อย่างดียิ่ง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาระบบระบบนำร่องและแผนที่พลังงาน โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อ สนับสนุนในการทำงานด้านพลังงานตามกฎหมายได้อย่างเหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดทั้ง ยังเป็นฐานข้อมูลด้านพลังงาน เพื่อให้เกิดความถูกต้องและครบถ้วน และสามารถนำไปใช้งานรวมถึง พัฒนาต่อเนื่องให้ระบบมีความสมบูรณ์และมีประสิทธิภาพสูงสุดควรต้องมีการพัฒนาวิธีการจัดเก็บ รายละเอียดของข้อมูลที่ย่อยและสะดวก รวมถึงสามารถใส่ข้อมูลรายละเอียด การทำงานและการบำรุงรักษาของอุปกรณ์ รวมถึงเวลาที่ต้องทำการบำรุงรักษาต่อไป ข้อมูลด้านเทคนิค อื่นๆเช่นวิธีการต่อวงจรอย่างถูกต้อง รวมถึงการใช้งานและการป้อนค่าระยะเวลาการบำรุงรักษา และ การจัดตั้งงบประมาณในการซ่อมบำรุงรวมถึงการแจ้งเตือนการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่างๆจะทำให้ระบบ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสมบูรณ์ที่สุดซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบนำร่องและ แผนที่พลังงาน อย่างไรก็ตามเพื่อให้สมบูรณ์ที่สุดควรมีการพัฒนาแบบต่างๆดังนี้

1. ระบบโครงสร้างการป้อนข้อมูล ระบบอุปกรณ์และรายละเอียดต่างๆของ สาธารณูปโภคภายในอาคารหรือแม้แต่จะเป็นโรงงาน ระบบนี้ต้องสามารถป้อนข้อมูลได้ง่ายโดยทำ การจัดเก็บข้อมูลรายละเอียด พร้อมทั้งทำการแยกข้อมูลตามหมวดของระบบและข้อมูล ประกอบการคำนวณในระบบนำร่องโดยอัตโนมัติ เพื่อความสะดวกในการป้อนข้อมูลอีกทั้งในการ หาข้อมูลต้องเข้าถึงและทำได้ง่ายและสะดวก

2. ระบบการแบ่งลักษณะการใช้งานของพื้นที่และการทำงานในกรณีของอาคารหรือ โรงงานที่มีรูปแบบพื้นที่ต่างกัน ในแนวดิ่งและแนวระดับ โปรแกรมจึงควรมีระบบแยกประเภทและ จัดข้อมูลที่ที่เหมาะสมเพื่อให้เกิดความสะดวกในการทำงานวางแผนจัดทำฐานข้อมูลของผู้ใช้งาน

3. ตารางเก็บบันทึกข้อมูลและแสดงผลควรสามารถเป็นตารางหรือกราฟที่สามารถ โอนย้ายไปสู่โปรแกรม Microsoft Word หรือ Microsoft Excel เพื่อสามารถใช้ในการทำรายงาน อนุรักษ์พลังงานได้ง่าย

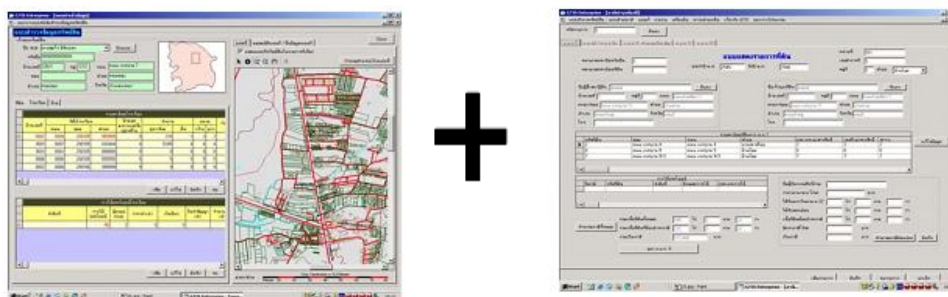
4. ในด้านความถูกต้องในการประมวลผลการใช้พลังงานควรพัฒนาสมการเลียนแบบระบบการทำงานที่มีความถูกต้องสูงเพื่อลดค่าความผิดพลาดของส่วนภาคคำนวณในระบบนำร่องด้านพลังงานจากการวิจัยพบว่า การกำหนดความสัมพันธ์ของสูตรการคำนวณค่าต่างๆ ต้องมีความถูกต้องตามหลักการทางทฤษฎี แม้จะมีการเพิ่มปัจจัยด้าน การใช้งานและการบำรุงรักษาเข้าไปแล้วแต่ผลที่ได้ยังมีความผิดพลาดอยู่ที่ 2-5% หากต้องการความถูกต้องสมบูรณ์ที่มากขึ้นและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพต้องมีการพัฒนาสมการเลียนแบบระบบใหม่

5. ในด้านของการเก็บค่าการใช้พลังงานเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องและแม่นยำที่สุด ควรมีการนำค่าจากการตรวจวัดอุปกรณ์จริงด้วยเครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องและแม่นยำ รวมถึงใช้ทีมตรวจวัดที่มีความชำนาญ และเชี่ยวชาญในการใช้เครื่องมือวัดจะทำให้ผลการนำร่องสำเร็จ ไปด้วยดี และมีความแม่นยำได้สูงสุด

6. การพัฒนาฐานข้อมูลด้านพลังงานในส่วนของรายละเอียดอุปกรณ์ระบบต่างๆ ในส่วนของแผนที่พลังงานเขตย่อยนั้น ควรมีข้อมูลรายละเอียดที่เพิ่มเติมในส่วนของการวัดการซ่อมบำรุงในแต่ละระบบ รวมถึง ผลของการตรวจสอบอุปกรณ์รายเดือน หรือรายปี รวมถึงการเพิ่มระบบอำนวยความสะดวกในการแจ้งเตือนการบำรุงรักษา รวมถึงระบบสืบค้นข้อมูลประวัติการซ่อมบำรุงของอุปกรณ์ในระบบนั้นอีกด้วย

ในด้านของการพัฒนาระบบนำร่องและแผนที่พลังงานนั้นสามารถนำไปพัฒนาให้เกิดประโยชน์มากยิ่งขึ้น โดยสามารถทำวิจัยขยายผลของการจัดทำฐานข้อมูลด้านพลังงานได้อีก ดังนี้

1. โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการจัดทำฐานข้อมูลด้านพลังงานแบบแผนที่พลังงานร่วมกับแผนที่และระบบนำร่องแบบตารางโดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะสามารถแสดงแผนที่ที่เป็นรูปภาพและ การแสดงผลที่เป็นกราฟ ตาราง แผนภาพที่เกิดขึ้นได้ในทุกส่วน โดยโปรแกรมจะสามารถแสดงภาพอาคารแบบ 3 มิติ มาใช้ในเขียน โปรแกรมเพื่อแสดงแผนที่ตั้งอาคาร และแสดงถึงการวางระบบหรือการติดตั้งอุปกรณ์ภายในอาคารในรูปแบบ 3 มิติ เพื่อเป็นสื่อให้ผู้ใช้เข้าใจได้ง่าย ด้วยการเชื่อมโยงไว้กับแผนที่ กับระบบฐานข้อมูลซึ่งแทนขนาดและจำนวนความจริง ของอาคารแสดงดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงการผสมผสานการจัดการระบบจัดการพลังงานสำหรับอาคาร

ที่มา: ภัทรานิษฐ์ (2553) การพัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต

2. การนำโปรแกรมสำหรับงานด้านการบำรุงรักษาผนวกเข้ากับระบบนำร่องและแผนที่พลังงาน โดยการผนวกตารางจัดเก็บข้อมูลและการจัดการบำรุงรักษาตาม โปรแกรมวางแผนบำรุงรักษาเพื่อกำหนด แจ้งเตือนและจัดการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับอาคารทั้งหมดลงบนโปรแกรมนำร่องและแผนที่พลังงาน

3. โปรแกรมสนับสนุนการจองห้องพัก จัดห้องเรียน ห้องประชุม หรือการจัดการห้องคนไข้ ซึ่งโปรแกรมจะแสดงได้ว่าห้องใดว่าง ไม่มีการใช้งาน รวมถึงพลังงานและครรชนีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นและสามารถจองห้องว่างได้ รวมถึงมีระบบรหัสป้องกันสำหรับผู้ใช้ใช้งานที่จะทำการจองห้องได้ คล้ายกับโปรแกรมจองบัตรชมภาพยนตร์

ปัจจัยที่สำคัญ ในการวางแผนงานและเก็บข้อมูลในด้านพลังงานนั้นเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งในการทำงานด้านพลังงาน ในอาคารและโรงงาน การป้อนข้อมูลระบบที่ละเอียด พร้อมกับวัดค่าการใช้พลังงานโดยใช้เครื่องมือวัดที่มีความถูกต้องและแม่นยำ และแบ่งลักษณะพื้นที่ในการใช้งานอย่างชัดเจน ทำให้ผลของการวิเคราะห์ข้อมูลถูกต้องที่สุดทำให้วางแผนการใช้พลังงานได้อย่างง่ายสะดวกขึ้น มีศักยภาพขึ้น สามารถประเมินการใช้พลังงานได้ในทุกส่วนตั้งแต่ภาพรวมถึงส่วนย่อยเพียงอุปกรณ์เดียวการวิจัยนี้ จึงเป็นเรื่องที่ควรศึกษาและพัฒนาในระดับที่ลงลึกไปอีกอย่างต่อเนื่อง

กรม
ประมง
กรม
ประมง

กรม
ประมง

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

หนังสือ

- กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน.(ม.ป.ป.) . การอนุรักษ์พลังงานในอาคาร. กรุงเทพมหานคร : ผู้แต่ง
 ชูญาดา เส็งโสตะ.(2547). สูตร & ฟังก์ชัน **Excel** ฉบับใช้งานจริงในสำนักงาน. กรุงเทพมหานคร :
 บริษัท เพ็สท์ ออฟเซต (1993) จำกัด.
 วัชร มิ่งวิหิตกุล . (2550) . กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและ
 โรงงานอุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร : หจก. สามลดา.
 จิตติมา เทียมบุญประเสริฐ.2544.ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ.กรุงเทพมหานคร : คณะ
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสถาบันราชภัฏสวนดุสิต
 กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และจำลอง ครูอุตสาหกรรม.2542.การออกแบบฐานข้อมูล.กรุงเทพมหานคร :เคทีพี
 คอมพ์ แอนด์ คอนซัลท์ จำกัด.

วิทยานิพนธ์

- วัชร จำปาดิษฐ์.2550.การพัฒนาสารสนเทศเพื่อการจัดการพลังงานในอาคารโรงแรมโดยวิธี
 แผนที่พลังงาน.หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยี
 อาคาร.กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
 สุรพงษ์ เอี่ยมขอพึ่ง.2551.การพัฒนาสารสนเทศด้านพลังงานสำหรับอาคารเอนกประสงค์
 ขนาดใหญ่.หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร.
 กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
 ทนงศักดิ์ ศิริยงค์ .2551. การพัฒนาฐานข้อมูลด้านพลังงานสำหรับอาคารโดยวิธีแผนที่พลังงาน
 แบบตาราง.หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร.
 กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.
 ภัทรานิษฐ์ นิธิภัทราเศรษฐ์ .2553.การพัฒนาสารสนเทศด้านพลังงานผ่านระบบอินเทอร์เน็ต.
 หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการเทคโนโลยีอาคาร.
 กรุงเทพมหานคร:มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิตย์.

สารสนเทศจากสื่ออิเล็กทรอนิกส์

ธนาคารโลก.2554.ค่าประมาณช่วงกลางปีของประชากรของโลก. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2554,จาก <http://www.google.com/publicdata>

ธนาคารโลก.2554.ค่าประมาณช่วงกลางปีของประชากรของประเทศไทย.สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2554,จาก <http://www.google.com/publicdata>

ธนาคารโลก.2554.ปริมาณการใช้พลังงานเทียบเท่าฟันทันน้ำมันดิบของโลก. สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2554,จาก <http://data.worldbank.org/indicator/EG.EGY.PROD.KT.OE/countries?display=graph>

ธนาคารโลก.2554.ปริมาณการใช้พลังงานสิ้นเปลืองจากน้ำมันดิบที่ใช้ (% มวลรวมต่อปี). สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2554,จาก <http://data.worldbank.org/indicator/EG.USE.COMM.FO.ZS/countries/1W-TH?display=graph>

ธนาคารโลก.2554.ปริมาณการนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อใช้ในประเทศ (% มวลรวมต่อปีที่นำเข้า). สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2554,จาก <http://data.worldbank.org/indicator/EG.IMP.CON.S.ZS/countries/1W-TH?display=graph>

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ.2553.แหล่งสารสนเทศพลังงานและสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย.สืบค้นเมื่อ 30 เมษายน 2554,จาก <http://nstda.or.th/index.php/nstda-knowledge/1771-energy-environment-thailand>,

เอกสารอื่น

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.2551. **Energy Management System**.เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรผู้รับผิดชอบด้านพลังงานสามัญ.กรุงเทพมหานคร.

ดิเกะ บุนนาค.2553. การจัดการพลังงานขั้นสูง. เอกสารประกอบการบรรยายการฝึกอบรมด้านพลังงาน.กรุงเทพมหานคร.

หลักเกณฑ์และวิธีการดำเนินการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552. (2552, 25 กันยายน).ประกาศกระทรวงพลังงาน

ประวัติผู้เขียน

ชื่อผู้วิจัย ผศ.ดร. ตีเกะ บุนนาค
 ที่อยู่ติดต่อได้ 998/26 บ้านอ่อนนุชคอนโดมิเนียม ซอยอ่อนนุช 30-32 ถ.สุขุมวิท 77
 แขวง ประเวศ เขต พระโขนง กรุงเทพฯ 10250

ประวัติการศึกษา

วุฒิการศึกษา	สาขาวิชา	ปีที่สำเร็จ	มหาวิทยาลัย
B.Eng.	วิศวกรรมเครื่องกล	2536	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
M.Eng.	เทคโนโลยีอุณหภาพ	2538	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
Doctorat	Sciences Physique Mécanique Énergétique	2544	Université de NICE- Sophia Antipolis , Nice, France
Ph.D.	เทคโนโลยีพลังงาน	2544	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ความเชี่ยวชาญพิเศษ

1. ผู้เชี่ยวชาญด้านความร้อนผ่านกระจกและระบบการป้องกันความร้อนแบบทางอ้อม (Passive protection for buildings)
2. ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานทางอ้อม (Passive Energy Used) และการป้องกันการเกิดพลังงานทางอ้อมในระบบปรับอากาศ
3. ผู้พัฒนาระบบสารสนเทศด้านพลังงานโดยใช้วิธี Energy Map (EMS)
4. ผู้พัฒนาแผนที่การกระจายอากาศในห้องของระบบปรับอากาศ (Air Distribution Map; ADM)