แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า :
ผลการศึกษา 6 กรณีศึกษาในกรุงเทพมหานคร

นายพลสัณห์ นำหน้ากองทัพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาสถาปัตยกรรม ภาควิชาสถาปัตยกรรมศาสตร์
คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2557
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

STRATEGY OF ENERGY SAVING FOR SHOPPING MALL :
A STUDY OF 6 CASES IN BANKOK

Mr. Ponsan Numnakong

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Architecture
Department of Architecture
Faculty of Architecture
Chulalongkorn University
Academic Year 2014

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า : ผลการศึกษา 6 กรณีศึกษาในกรุงเทพมหานคร
โดย	นายพลสัณห์ นำหน้ากองทัพ
สาขาวิชา	สถาปัตยกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร. เสริชย์ โชติพานิช

คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. ปิ่นรัชฎ์ กาญจนัษฐิติ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ นาวาโท ไตรวัฒน์ วิรยศิริ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รองศาสตราจารย์ ดร. เสริชย์ โชติพานิช)

.....กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ พรรณชลัท สุริโยธิน)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทิดศักดิ์ เตชะกิจขจร)

.....กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(ดร.ยศพร ลีลารัศมี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พลสัณห์ นำหน้ากองทัพ : แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า : ผลการศึกษา 6 กรณีศึกษาในกรุงเทพมหานคร (STRATEGY OF ENERGY SAVING FOR SHOPPING MALL : A STUDY OF 6 CASES IN BANKOK) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รศ. ดร. เสริชย์ โชติพานิช, หน้า.

ศูนย์การค้าเป็นอาคารขนาดใหญ่ ที่มีชั่วโมงการให้บริการต่อวันเป็นช่วงระยะเวลานาน มีความต้องการใช้พลังงานมาก และศูนย์การค้าเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 จึงต้องมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจถึงแนวทางและผลการดำเนินการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า โดยการศึกษาจะใช้วิธีการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากรายงานการจัดการพลังงานประจำปีระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึง ปี พ.ศ.2556 ของศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา จำนวน 6 กรณีศึกษา ภายใต้กรอบแนวคิดการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคาร จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์และอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่ามาตรการประหยัดพลังงานที่ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้มีลักษณะการดำเนินการจำนวน 6 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ การลดจำนวนการใช้งาน การลดเวลาการใช้งาน การปรับแต่งการทำงาน การปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม และการเปลี่ยนทดแทน ซึ่งมาตรการประหยัดพลังงานที่ใช้มีความสัมพันธ์กับระบบประกอบอาคาร 5 ระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบบำบัดน้ำเสีย และลิฟท์ โดยมีมาตรการที่สัมพันธ์กับระบบปรับอากาศมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท)ของแต่ละมาตรการ พบว่ามาตรการที่ใช้ดำเนินการกับระบบปรับอากาศ มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับต่อการลงทุนทุก 1 บาท อยู่ระหว่าง 0.03-1.30 kwh/ปี มาตรการที่ใช้ดำเนินการกับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับต่อการลงทุนทุก 1 บาท อยู่ระหว่าง 0.04-0.66 kwh/ปี มาตรการที่ใช้ดำเนินการกับระบบบำบัดน้ำเสีย มีผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับต่อการลงทุนทุก 1 บาท อยู่ระหว่าง 0.01-0.05 kwh/ปี และมาตรการที่ใช้ดำเนินการกับระบบระบายอากาศมีผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับต่อการลงทุนทุก 1 บาท คือ 0.02 kwh/ปี

จากการศึกษาสรุปได้ว่าแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้าที่ใช้จะมีการดำเนินการ 2 แนวทาง ได้แก่ แนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร โดยการจัดการใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับกิจกรรมในการใช้งานของอาคาร ซึ่งเป็นแนวทางที่ไม่ต้องมีการลงทุนใด ๆ สามารถดำเนินการได้ทันที ไม่ใช้เทคนิคทางวิศวกรรม และเน้นลดการใช้พลังงาน โดยผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการจัดการเวลาการใช้งานและประสิทธิภาพของระบบประกอบอาคาร และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบประกอบอาคาร โดยการปรับปรุงติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์และเครื่องจักร เพื่อทำให้อุปกรณ์และเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่มีการใช้เงินลงทุน ต้องมีการวางแผน ใช้เวลาในการดำเนินการ ใช้เทคนิคทางวิศวกรรม และเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ โดยผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับประเภทของระบบประกอบอาคาร ระยะเวลาการใช้งาน ขนาดของโครงการ และความสามารถ ประสิทธิภาพ และเทคโนโลยี ของอุปกรณ์ที่นำมาปรับปรุง ติดตั้งเพิ่มเติม และปรับเปลี่ยนให้กับระบบประกอบอาคารประเภทต่าง ๆ ทั้งนี้การพิจารณาใช้แนวทางใดจะขึ้นอยู่กับความพร้อมทั้งทางด้านบุคลากร เงินทุน สภาพการใช้งานพลังงานเดิมของอาคาร และความคุ้มค่าในการดำเนินมาตรการ

ภาควิชา สถาปัตยกรรมศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา สถาปัตยกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2557

5673554325 : MAJOR ARCHITECTURE
KEYWORDS: ENERGY SAVING / SHOPPING MALL / BUILDING SYSTEMS / INVESTMENT / MANAGEMENT

PONSAN NUMNAKONG: STRATEGY OF ENERGY SAVING FOR SHOPPING MALL : A STUDY OF 6 CASES IN BANKOK. ADVISOR: ASSOC. PROF. DR. SARICH CHOTIPANICH, pp.

Shopping Center is the large building where provides long period of services per day, consumes a lot of energy consumption. It is under the national energy policy council act B.E. 2535 (1992). So it needs the energy conservation operation. The objective of this study is to understand the direction and results of the energy saving operations of shopping centers. The secondary information from the B.E. 2554 – 2556 (2011-2013) annual reports of energy management of the 6 studied shopping centers is exploited for analysis and discussion for the purpose of the increase in the energy consumption efficiency of the buildings.

The study found that there were 6 groups of the energy saving policy that the shopping centers have been using, that is, to reduce the consumption amount, to reduce the consumption period, to adjust the operation, to improve the equipment and machines, to install new equipment and to change/ replace equipment. These energy saving policies were related to the building systems which included the air conditioning system, the ventilation system, the electricity and lighting system, the wastewater treatment system and the elevator system. The policy concerns most on the air conditioning system.The analysis of the saving result (kwh/year) per investment (Baht) of each policy found that the air conditioning system policy gave the expected saving result at 0.03-1.30 kwh/year per 1 Baht of investment. The electricity and lighting system policy gave the expected saving result at 0.04-0.66 kwh/year per 1 Baht of investment. The wastewater treatment system policy gave the expected saving result at 0.01-0.05 kwh/year per 1 Baht of investment. The ventilation system policy gave the expected saving result at 0.02 kwh/year per 1 Baht of investment.

The conclusion of the study shows that shopping centers have 2 policies of energy saving. First is the time management of the building systems. The machines and equipment shall be operated aligning with the activities in the buildings. This does not need additional investment and could be applied immediately without any need on engineering techniques. It focuses on the decrease in energy consumption. The saving result depends on the ability of time management for the building systems' operation and efficiency.The second policy is the increase in the building systems' efficiency by improving and installing more equipment to increase their efficiency. This needs additional investment, plan and time for operation and engineering techniques. It focuses on the improvement of equipment efficiency. The saving result depends on the type of the building systems, the depreciation period, the size of the project, and the capability, efficiency and technology of the added equipment. The shopping centers will have to consider their readiness on the resources, i.e. human resources, capital investment, current energy consumption condition to see which policy is worth to follow.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department: Architecture
Field of Study: Architecture
Academic Year: 2014

Student's Signature .....
Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.เสริชย์ โชติพานิช เป็นอย่างสูงที่ได้ให้ความรู้ ให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่าง ๆ อย่างดีตลอดระยะเวลาการทำวิทยานิพนธ์จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเสร็จลุล่วงลงด้วยดี

ขอขอบพระคุณประธานกรรมการสอบและคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่กรุณาสละเวลาในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอบคุณคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้โอกาสอันยิ่งใหญ่ในการศึกษา ขอบคุณครู อาจารย์ทุกท่านที่ได้ให้วิชาความรู้ ขอบคุณรุ่นพี่ เพื่อน และรุ่นน้องที่คอยช่วยเหลือในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้บริหาร และผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำอาคารศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัพเวอรี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พารค์ ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล และเอกสารต่าง ๆ

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ขอบคุณ คุณเวธกา นวชิต สำหรับความช่วยเหลือ และเป็นกำลังใจเสมอมาจนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเสร็จด้วยดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

สารบัญแผนภูมิ ..... ฎ

สารบัญแผนผัง ..... ฐ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 4

1.3 ขอบเขตการวิจัย 4

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย 4

1.5 ระเบียบวิธีศึกษา 5

1.6 กระบวนการ และขั้นตอนการศึกษา 5

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 9

2.1 การจัดการพลังงานในอาคาร 9

2.2 แนวทางการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน 11

2.4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบหลักของอาคาร 21

2.5 การแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า[7] 40

2.6 ประโยชน์ที่ได้รับ 48

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

หน้า

2.7 กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน[7] 49
บทที่ 3 กรณีศึกษา 54
3.1 ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ 55
3.2 ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ 62
3.3 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ 68
3.4 ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค 74
3.5 ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ 79
3.6 ศูนย์การค้าสยามพารากอน 85
บทที่ 4 การวิเคราะห์ข้อมูล 90
4.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร 90
4.2 ลักษณะ และประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน 91
4.3 ลักษณะของมาตรการที่สัมพันธ์กับระบบประกอบอาคาร 101
4.4. แผนการดำเนินงานของแต่ละมาตรการประหยัดพลังงาน 104
4.5 ผลประหยัด (kwh/ปี) ของแต่ละกลุ่มมาตรการ 108
4.6 ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท)ของแต่ละระบบประกอบอาคาร 110
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 112
5.1 สรุปผลการศึกษา 112
5.2 อภิปรายผลการศึกษา 116
5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิจัย 120
5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป 120
..... 121
รายการอ้างอิง 121
ภาคผนวก ก. 123

หน้า

ภาคผนวก ข. 124

ภาคผนวก ค. 126

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 127

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไฟ..... 34
ตารางที่ 3.1 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์..... 56
ตารางที่ 3.2 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์..... 60
ตารางที่ 3.3 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2556
ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์..... 61
ตารางที่ 3.4 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอร์รี่..... 63
ตารางที่ 3.5 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่..... 66
ตารางที่ 3.6 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2556
ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่..... 67
ตารางที่ 3.7 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์..... 69
ตารางที่ 3.8 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์..... 72
ตารางที่ 3.9 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2556
ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์..... 73
ตารางที่ 3.10 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค..... 75
ตารางที่ 3.11 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค..... 77
ตารางที่ 3.12 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2556
ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค..... 78
ตารางที่ 3.13 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์..... 80
ตารางที่ 3.14 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์..... 83
ตารางที่ 3.15 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2556
ศูนย์การค้าเอ็ม บี เคเซ็นเตอร์..... 84
ตารางที่ 3.16 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าสยามพารากอน..... 86
ตารางที่ 3.17 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามพารากอน..... 88
ตารางที่ 3.18 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 – พ.ศ.2556
ศูนย์การค้าสยามพารากอน..... 89
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานด้านกายภาพของศูนย์การค้ากรณีศึกษา..... 91
ตารางที่ 4.2 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์..... 92

ตารางที่ 4.3 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่..... 93
ตารางที่ 4.4 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์..... 94
ตารางที่ 4.5 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค..... 95
ตารางที่ 4.6 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์..... 96
ตารางที่ 4.7 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามพารากอน..... 97
ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา..... 99
ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของมาตรการประหยัดพลังงานกับประเภทของระบบประกอบ
อาคาร..... 109
ตารางที่ 4.10 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน..... 107
ตารางที่ 5.1 ผลการประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทาง..... 119

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 แหล่งข้อมูลรายงานการจัดการพลังงาน..... 6
ภาพที่ 2.1 แนวทางในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน..... 13
ภาพที่ 2.2 Cause-and-Effect Diagram (หรือ Fishbone Diagram)..... 14
ภาพที่ 2.3 ระดับของการดำเนินการมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงาน..... 16
ภาพที่ 2.4 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ..... 22
ภาพที่ 2.5 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ..... 23
ภาพที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำ..... 23
ภาพที่ 2.7 หอผึ่งน้ำ..... 23
ภาพที่ 2.8 แบบใช้สารทำความเย็นทำความเย็นโดยตรง..... 24
ภาพที่ 2.9 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอกรูปแบบต่างๆ 29
ภาพที่ 2.10 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ 30
ภาพที่ 2.11 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ 30
ภาพที่ 2.12 หลอดโซเดียมความดันต่ำ 31
ภาพที่ 2.13 หลอดไอปรอทความดันสูงแบบใสและแบบเคลือบ..... 32
ภาพที่ 2.14 หลอดโซเดียมความดันสูง 32
ภาพที่ 2.15 หลอดเมทัลฮาไลด์ 33
ภาพที่ 2.16 หลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงที่ออกแบบใช้ทดแทนหลอดไฟแบบทั่วไป..... 34
ภาพที่ 2.17 แผนผังแสดงส่วนทำงานหน้าที่ต่างๆ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์..... 37
ภาพที่ 2.18 ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ภายในกล่องบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์..... 37
ภาพที่ 3.1 ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์..... 55
ภาพที่ 3.2 ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่..... 62
ภาพที่ 3.3 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์..... 68
ภาพที่ 3.4 ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค..... 74
ภาพที่ 3.5 ศูนย์การค้า เอ็ม บี เค เซ็นเตอร์..... 79
ภาพที่ 3.6 ศูนย์การค้าสยามพารากอน 85

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญแผนภูมิ

หน้า

แผนภูมิที่ 1.1 การใช้ไฟฟ้ารายสาขา..... 1
แผนภูมิที่ 1.2 สัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละ Energy Use ของอาคารศูนย์การค้า
กรณีแยกพื้นที่เช่า 2
แผนภูมิที่ 1.3 สัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละ Energy Use ของอาคารห้างสรรพสินค้า..... 3
แผนภูมิที่ 1.4 การใช้ไฟฟ้าในสาขาธุรกิจ..... 3
แผนภูมิที่ 4.1 ผลประหยัด(kwh/ปี)ของแต่ละกลุ่มมาตรการประหยัดพลังงาน..... 109
แผนภูมิที่ 4.2 ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท)ของแต่ละระบบประกอบอาคาร..... 111

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนผัง

หน้า

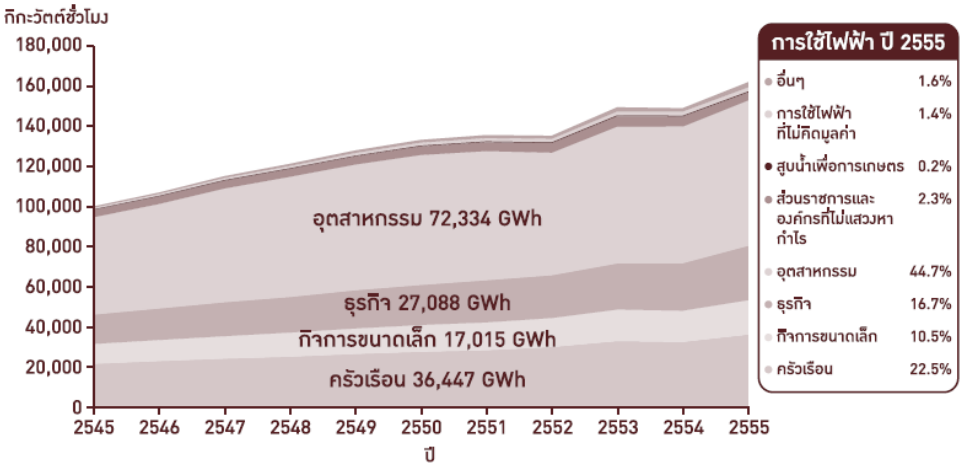
แผนผังที่ 1.1.กระบวนการและขั้นตอนในการวิจัย..... 7
แผนผังที่ 4.1 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา..... 100
แผนผังที่ 5.1 แนวทางการประหยัดพลังงาน..... 117

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ถูกใช้เพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในสาขาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอุตสาหกรรม ธุรกิจ เกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย ขนส่ง ฯลฯ โดยเฉพาะในสาขาธุรกิจมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 16.7 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ ซึ่งมีการใช้พลังงานรวมทั้งสิ้น 27,088 กิกะวัตต์ชั่วโมง เพิ่มขึ้นจากปีก่อนร้อยละ 8.7 ของการใช้พลังงานรวม



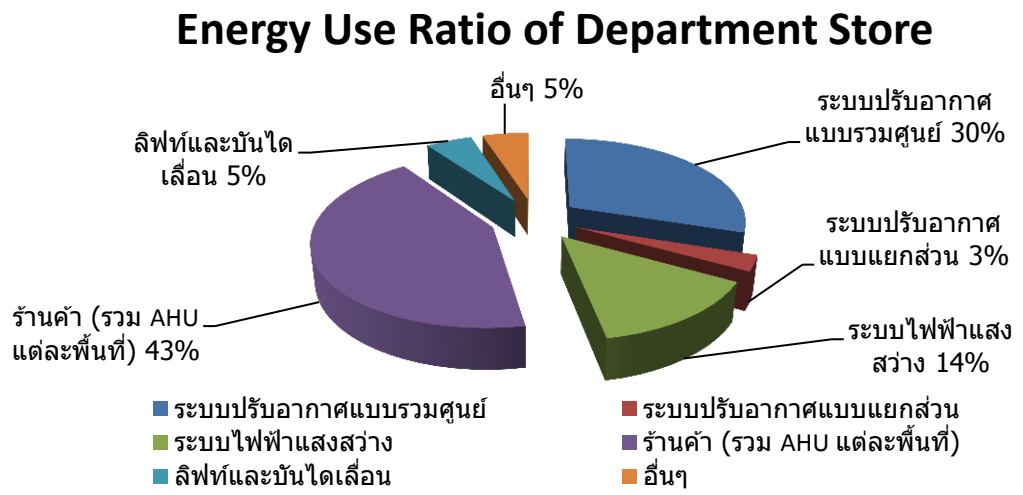
แผนภูมิที่ 1.1 การใช้ไฟฟ้ารายสาขา

ที่มา : รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2556 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

จากแผนภูมิที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าในสาขาธุรกิจมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ในแง่ของผู้ประกอบการยังทำให้ต้นทุนด้านพลังงานของธุรกิจเพิ่มขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นถึงความจำเป็นที่จะต้องมีการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในสาขาธุรกิจ เพื่อทำให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างคุ้มค่า และมีประสิทธิภาพ ซึ่งนอกจากจะเป็นการอนุรักษ์พลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดไว้ให้สามารถใช้ได้นานที่สุดแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน ทำให้เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

ตามพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542 ศูนย์การค้า หมายถึง “แหล่งรวมสินค้าเพื่อจำหน่าย มีร้านขายสินค้านานาชนิด มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่าง ๆ ให้แก่ผู้มาซื้อสินค้า เช่น

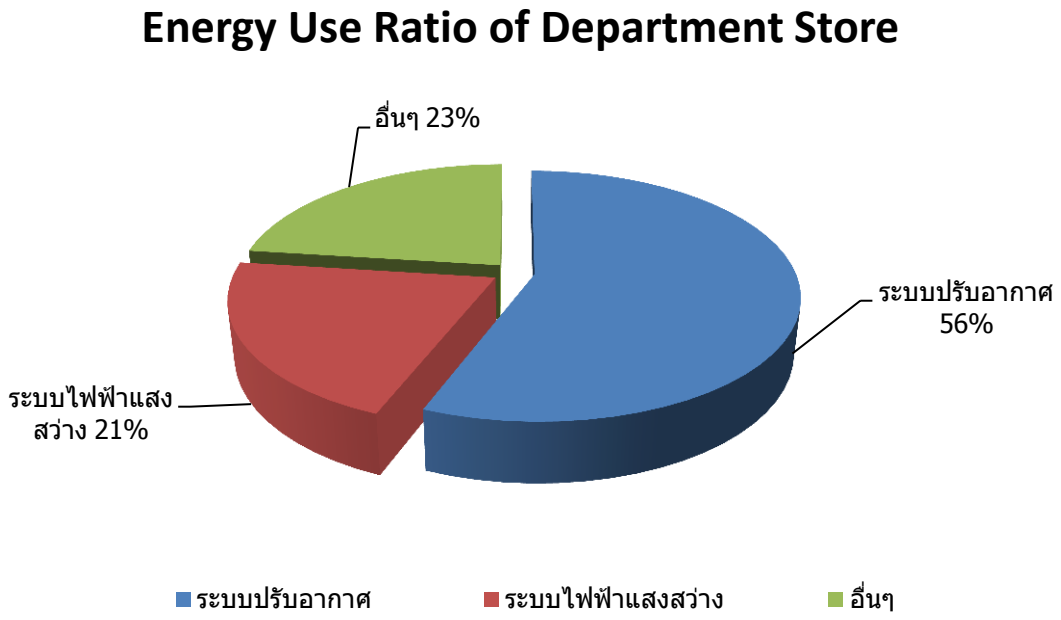
ที่จอดรถ ร้านอาหาร” ซึ่งเป็นหนึ่งในธุรกิจที่ทำเงินเป็นอันดับสองของประเทศ ลักษณะอาคาร และการให้บริการของอาคารประเภทนี้มีผลต่อการใช้พลังงานของอาคารมาก การออกแบบอาคารส่วนใหญ่จะเน้นเรื่องการออกแบบเพื่อดึงดูดลูกค้า โดยมีลักษณะการใช้พลังงานของศูนย์การค้า สามารถจำแนกตามระบบประกอบอาคาร ได้แก่ ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์ ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบลิฟท์ และบันไดเลื่อน ร้านค้า และระบบอื่นๆ[1]



แผนภูมิที่ 1.2 สัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละ Energy Use ของอาคารศูนย์การค้ากรณีแยกพื้นที่ร้านค้าเช่า[2]

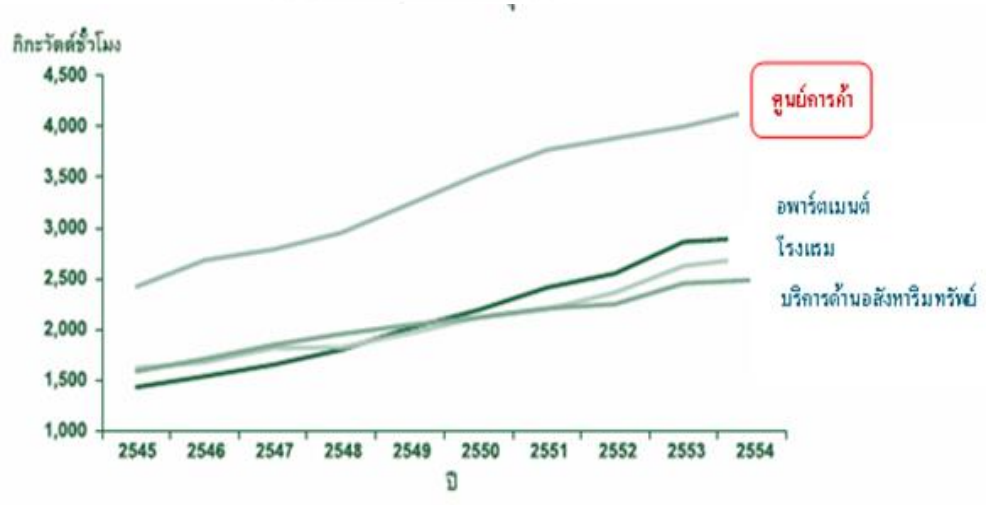
จากแผนภูมิที่ 1.2 พลังงานไฟฟ้าในส่วนของร้านค้าเช่า จะประกอบด้วย อุปกรณ์/เครื่องจักรเฉพาะสำหรับร้านค้าแต่ละห้าง เช่น ตู้แช่ขนาดใหญ่ เตาอบ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เครื่องจ่ายลมเย็น เป็นต้น ซึ่งตัวเลขการใช้ในแต่ละเดือนได้จากมิเตอร์ที่ติดตั้งในแต่ละพื้นที่ (กรณีมีร้านค้าเช่าถึงแม้จะมีสัดส่วนการใช้พลังงานค่อนข้างสูงแต่พบว่าศักยภาพในการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงานจะค่อนข้างน้อย)

สัดส่วนการใช้พลังงานกรณีที่แยกระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าแสงสว่างอย่างชัดเจนโดยไม่คำนึงว่าเป็นการใช้ในพื้นที่ส่วนใดของศูนย์การค้า [จากรายงานประจำปีสถานภาพการใช้ และการอนุรักษ์พลังงานในอาคารและโรงงานควบคุมปี พ.ศ.2546] พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานในศูนย์การค้าโดยทั่วไปเป็นไปตามแผนภูมิที่ 1.3



แผนภูมิที่ 1.3 สัดส่วนการใช้พลังงานแต่ละ Energy Use ของอาคารห้างสรรพสินค้า

ที่มา : คู่มือการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในระดับสากล ISO 50001 สำหรับอาคารควบคุม กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน[3]



แผนภูมิที่ 1.4 การใช้ไฟฟ้าในสาขาธุรกิจ

ที่มา : รายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2556 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน

จากรายงานสถิติพลังงานของประเทศไทย 2555 สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน จะพบว่าศูนย์การค้ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าในสัดส่วนที่สูงที่สุดในสาขาธุรกิจ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ.2545 ถึงปี พ.ศ.2554 ศูนย์การค้าเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ซึ่งจะต้องมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย ประกอบกับเป็นอาคารขนาดใหญ่ที่มีชั่วโมงการเปิดให้บริการต่อวันเป็นช่วงระยะเวลานานติดต่อกันโดยไม่มีวันหยุด และมีความต้องการใช้พลังงานมากในการประกอบกิจกรรม เพื่ออำนวยความสะดวกต่อผู้ใช้อาคาร ดังนั้นศูนย์การค้าจึงได้มีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานโดยผ่านแนวทาง และมาตรการประหยัดพลังงานต่าง ๆ ดังนั้นจึงเกิดคำถามขึ้นว่าศูนย์การค้ามีแนวทางการประหยัดพลังงานอย่างไร และแต่ละแนวทางให้ระดับผลการประหยัดพลังงานที่แตกต่างกันอย่างไร

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า

1.2.2 เพื่อศึกษาความแตกต่างของระดับผลการประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทาง

การศึกษาครั้งนี้จะนำมาซึ่งความรู้ ความเข้าใจในลักษณะของกลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานที่ศูนย์การค้านำมาใช้ แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า และระดับผลการประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทาง

1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 เป็นศูนย์การค้าที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535

1.3.2 เป็นศูนย์การค้ามีการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน ในช่วงปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556

1.3.3 เป็นศูนย์การค้าที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร

1.4 ข้อจำกัดของการวิจัย

การศึกษานี้ใช้ข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากรายงานการจัดการพลังงานของกรณีศึกษามาใช้ในการศึกษา ดังนั้นมาตรการที่นำเสนอเป็นมาตรการที่มีการบันทึกในรายงานการจัดการพลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 เท่านั้น ผลประหยัด(kwh/ปี)ที่ได้เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งเป็นผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ ไม่ได้มีการวัดค่าผลประหยัดจริงหลังจากที่มีการดำเนินการ และการคำนวณผลประหยัด(kwh/ปี) คิดจากจำนวนวันในการใช้พลังงาน 365 วันต่อปี

1.5 ระเบียบวิธีศึกษา

การศึกษาจะใช้แนวทางในลักษณะของงานวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical Research) โดยการรวบรวมข้อมูลมาตรการประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 เพื่อศึกษาหารูปแบบ หรือแนวทางทางประหยัดพลังงานที่เกิดขึ้นโดยใช้กรณีศึกษา (Case Study Approach) ในการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิที่ได้จากรายงานการจัดการพลังงานของกรณีศึกษามาใช้ในการศึกษา และวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบ โดยมีเกณฑ์การเลือกกรณีศึกษาดังนี้ เป็นศูนย์การค้าที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 มีการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน ในช่วงปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 และเป็นศูนย์การค้าที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร จากเกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นจึงได้คัดเลือกศูนย์การค้าที่ตรงตามเกณฑ์มาทำการศึกษา จำนวน 6 ศูนย์การค้า ได้แก่

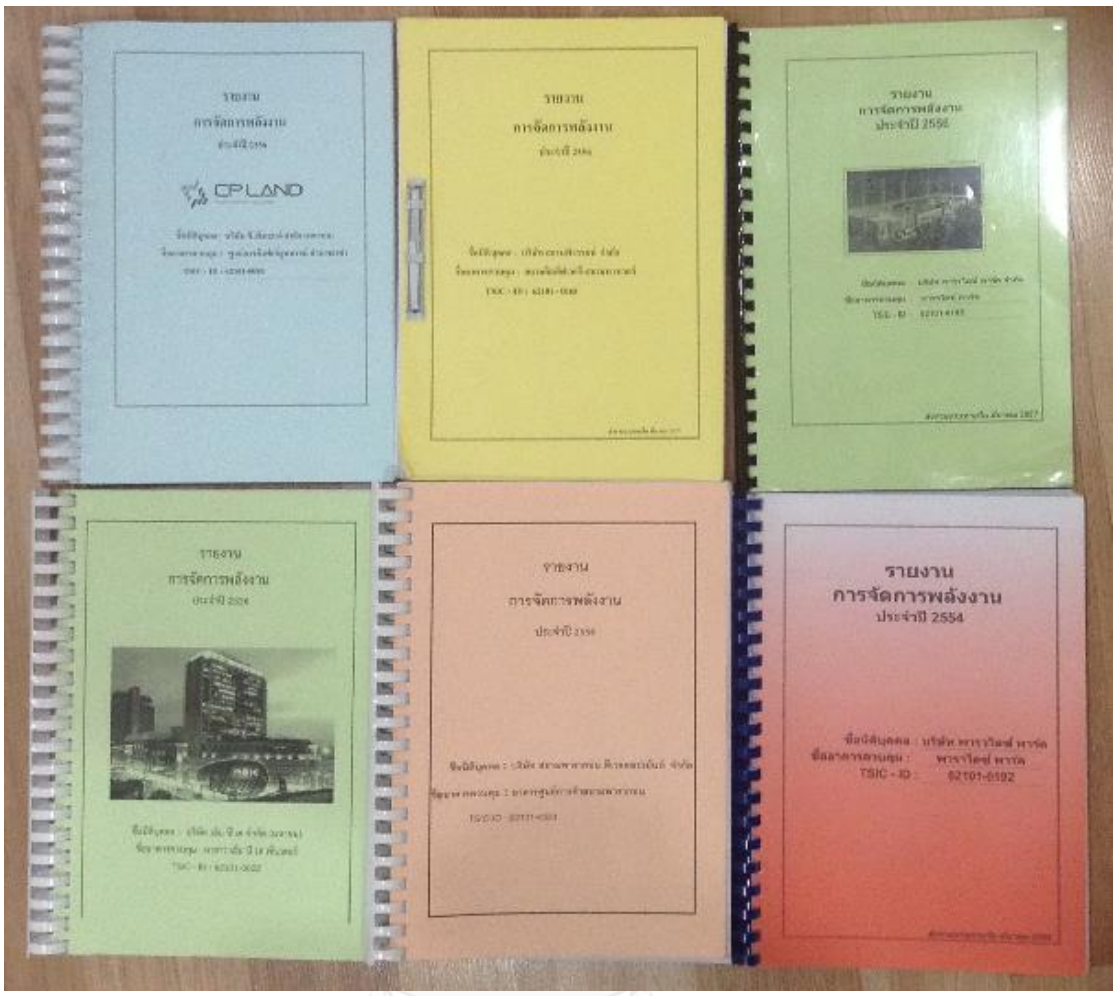
1. ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์
2. ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่
3. ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์
4. ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค
5. ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์
6. ศูนย์การค้าสยามพารากอน

1.6 กระบวนการ และขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ที่เกี่ยวข้องกับวิธีการประหยัดพลังงาน และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร

2. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของอาคาร ลักษณะการใช้งานของอาคาร เพื่อให้ทราบรูปแบบในการใช้งานอาคาร โดยใช้วิธีรวบรวมจากเอกสารรายงานของอาคาร และเว็ปไซต์ของศูนย์การค้ากรณีศึกษา

3. ศึกษามาตรการประหยัดพลังงานที่มีการดำเนินการในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 จากเอกสารทุติยภูมิที่ได้จากรายงานการจัดการพลังงานประจำปี เพื่อหารูปแบบ หรือแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา



ภาพที่ 1.1 แหล่งข้อมูลรายงานการจัดการพลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. ศึกษาผลการดำเนินงานของแต่ละมาตรการที่เกิดขึ้น เพื่อหาระดับผลการประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทาง

5. จัดทำข้อมูลที่ได้รวบรวมมาให้อยู่ในรูปแบบ และมาตรฐานเดียวกัน

6. วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา โดยจะทำการวิเคราะห์เรื่องดังต่อไปนี้

   6.1 ลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการ เพื่อจำแนกรูปแบบของชุดมาตรการประหยัดพลังงาน

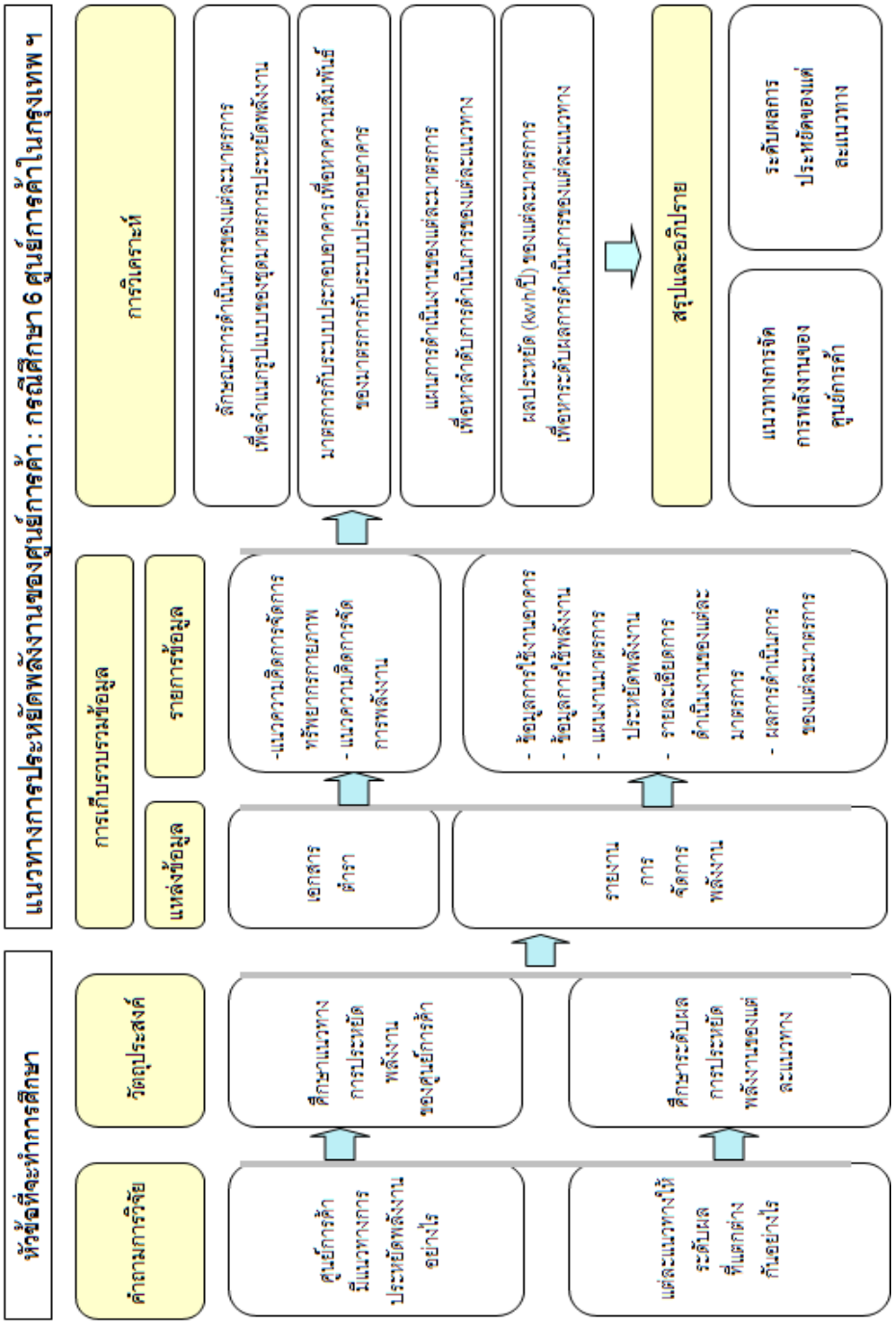
   6.2 มาตรการกับระบบประกอบอาคาร เพื่อหาความสัมพันธ์ของมาตรการกับระบบประกอบอาคาร

   6.3 แผนการดำเนินงานของแต่ละมาตรการ เพื่อหาลำดับการดำเนินของแต่ละแนวทาง

   6.2 ผลประหยัด(kwh/ปี) ของแต่ละมาตรการ เพื่อหาระดับผลการดำเนินการของแต่ละแนวทาง

7. สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ
   7.1 แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา
   7.2 ระดับผลการประหยัด(kwh/ปี) ของแต่ละแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา

โดยแสดงเป็นแผนผังอธิบายกระบวนการ และขั้นตอนในการศึกษาวิจัยดังแผนผังที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ทำให้ทราบถึงกลุ่มของมาตรการประหยัดพลังงานที่มีอยู่ในรายงานการจัดการพลังงาน

1.7.2 ทำให้ได้ทราบถึงประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับของแต่ละมาตรการ เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาดำเนินการในอนาคต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า เป็นการศึกษาเพื่อความรู้ความเข้าใจในเรื่องแนวทาง และวิธีการในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบประกอบอาคาร จึงจำเป็นต้องเข้าใจในทฤษฎีที่เกี่ยวกับการจัดการพลังงาน และการอนุรักษ์พลังงานในอาคาร ในบทนี้เป็นการรวบรวมแนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังต่อไปนี้

1. การจัดการพลังงานในอาคาร
2. แนวทางการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน
3. การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานในอาคาร
4. การอนุรักษ์พลังงานในระบบหลักของอาคาร
5. การแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า
6. ประโยชน์ที่ได้รับ
7. กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

2.1 การจัดการพลังงานในอาคาร

การจัดการพลังงานในอาคาร หมายถึง การบริหารจัดการเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และลดต้นทุนการใช้อาคาร ในช่วงระหว่างการใช้อาคารโดยมีหลักการสำคัญ คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าให้สอดคล้องกับพฤติกรรม และเกณฑ์มาตรฐาน ทั้งนี้เป้าหมายสำคัญของการจัดการการใช้พลังงานในอาคารประกอบด้วย[4]

- ลดค่าใช้จ่าย
- ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ
- ประสิทธิภาพของการทำงานในอาคาร
- การจัดการหาแหล่งพลังงานสำหรับอาคารในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการจัดการพลังงาน ประกอบด้วย

- ให้อาคารมีการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม สอดคล้องกับพฤติกรรมการประกอบกิจกรรมในอาคาร
- การใช้พลังงานให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด
- ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ต่ำ
- ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด

และจากการศึกษาเอกสารหลักสูตรการจัดการพลังงานในอาคารควบคุม[5] ซึ่งได้มีการกล่าวถึงการบริหารจัดการพลังงาน หมายถึง การจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดความต้องการการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น หรือลดความสูญเสียด้านพลังงาน โดยการจัดการบริหารที่ดีนำไปสู่การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน หรือต้นทุน รวมถึงปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม ซึ่งมีแนวทางเบื้องต้นดังนี้ การลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น (Good Housekeeping) เช่น การตั้งอุณหภูมิควบคุมห้องปรับอากาศให้เหมาะสม การปิดเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ไม่ได้ใช้งาน หรือการลดเวลาการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เป็นต้น

- การลดความสูญเสีย (Reduce Losses) เช่น ความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการจัดการไม่ดี การออกแบบไม่ดี หรือกรรมวิธีการใช้งานไม่ดี ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดการใช้พลังงานอย่างไม่มีประสิทธิภาพ เป็นต้น
- การนำความสูญเสีย (Losses Recovery) กลับมาใช้งาน เช่น การนำน้ำร้อนที่เหลือจากการใช้งานกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น
- การจัดการความต้องการใช้พลังงานให้เหมาะสมกับภาระการทำงาน เช่น ในกรณีระบบพลังงานนั้นๆ ประกอบด้วย อุปกรณ์ หรือเครื่องจักร หลายๆ เครื่องจักร จะต้องเพิ่มภาระการทำงานของอุปกรณ์ หรือเครื่องจักรให้ใกล้เคียงกับพิกัดติดตั้งเพื่อให้อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงสุด และลดการใช้งานเครื่องจักรที่ไม่มีภาระ เป็นต้น
- การบำรุงรักษาที่ดี ซึ่งจะมีผลทำให้อุปกรณ์ หรือเครื่องจักรมีการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

การบริหารจัดการพลังงานในอาคาร ได้แก่

1 การบริหารจัดการ และบำรุงรักษาระบบปรับอากาศ และระบบทำความเย็น สามารถทำ ได้ดังนี้

- การบำรุงรักษา ตรวจสอบอุณหภูมิน้ำเย็น อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และการตั้งเทอร์โมสตาร์ทให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมอยู่เสมอ
- การตรวจสอบปริมาณสารทำความเย็นให้อยู่ในปริมาณที่เหมาะสม
- ทำความสะอาดแผงกรองอากาศ (Filter) แผงท่อทำความเย็น (Cooling Coil) ของเครื่องส่งลมเย็น (AHU, FCU) เพื่อป้องกันการอุดตัน การเกาะตัวสะสมของคราบสกปรก ฝุ่นละออง ซึ่งส่งผลให้มีประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนลดลง
- การตรวจสอบลมรั่วของระบบส่งจ่ายลมเย็น
- การควบคุมคุณภาพน้ำหล่อเย็น ไม่ให้มีค่าความกระด้างหรือแร่ธาตุสูงเกินไป ซึ่งจะส่งผลให้มีตะกรันเกิดขึ้นเกาะตามผิวท่อ และส่งผลต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อน

- ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือแผงระบายลมร้อน เพื่อลดการจับตัวของฝุ่น (นอกท่อคอนเดนเซอร์) และลดการเกาะตัวของตะกรัน (ในท่อคอนเดนเซอร์) และคราบสกปรกต่าง ๆ
- ตรวจสอบการรั่วของท่อน้ำเย็นที่ข้อต่อ ท่อน้ำ หรือที่ปั๊มน้ำเย็นอย่างสม่ำเสมอ รวมทั้งการตรวจสอบ และซ่อมแซมสภาพฉนวนหุ้มท่อน้ำเย็นให้อยู่ในสภาพที่เหมาะสม
- ตรวจสอบการหล่อลื่นของพัดลม ปั๊มน้ำ หรือมอเตอร์ต่าง ๆ รวมทั้งสภาพความตึงของสายพานที่มีให้อยู่ในสภาพการใช้งานที่เหมาะสม

2. การบริหารจัดการ และบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

- การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การลดจำนวนหลอดไฟฟ้าในพื้นที่ที่มีความสว่างสูงกว่าค่าที่กำหนด หรือการชดเชยแสงด้วยการติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงเพิ่มเติม เป็นต้น
- การเปลี่ยนระบบวิธีการให้แสงสว่าง จากการให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่เป็นเฉพาะบริเวณที่มีการทำงาน
- การควบคุมการปิด – เปิด ระบบแสงสว่าง
- การบริหาร จัดการเปลี่ยนหลอดไฟให้เหมาะสมตามช่วงเวลา และปริมาณงานที่ต้องดำเนินการ เช่น การเปลี่ยนหลอดไฟใหม่เป็นจุด (Spot Re-lamping) หรือการเปลี่ยนหลอดไฟใหม่เป็นกลุ่ม (Group Re-lamping) เป็นต้น
- การทำความสะอาดโคมไฟ หลอดไฟ ผนัง และพื้นสะท้อนแสง อย่างสม่ำเสมอ เพื่อคงประสิทธิภาพการส่องสว่าง

จะพบว่าการบริหารจัดการพลังงานเป็นวิธีการอนุรักษ์พลังงานที่มีประสิทธิภาพ และผลการตอบแทนสูง แต่มีการลงทุนน้อย หรือไม่มีการลงทุน โดยเน้นการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมวิธีการคิดและวิธีการทำงานให้เหมาะสม

2.2 แนวทางการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคาร สามารถทำได้หลายแนวทาง โดยแต่ละแนวทางมีขนาดการลงทุน และผลตอบแทนคืนมาในระดับที่แตกต่างกัน แนวทางดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในอาคารที่สำคัญ[4] ได้แก่

1. การปรับลักษณะการใช้พลังงาน ประกอบด้วย การดำเนินการดังต่อไปนี้

- การปรับพฤติกรรมการใช้พลังงาน

- การปรับวิธีปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานอาคาร
- การใช้การประชาสัมพันธ์
- ฯลฯ

การดำเนินรูปแบบนี้สามารถช่วยลดการใช้พลังงานลงได้ประมาณร้อยละ 10 เป็นการ ดำเนินการที่มีต้นทุนต่ำที่สุด และสามารถดำเนินการได้ทันที

2. ปรับปรุงระบบประกอบอาคาร เป็นการดำเนินการปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักรของระบบประกอบอาคารที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพดีขึ้น โดยอาจทำการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม หรือเปลี่ยนบางชิ้นส่วนของระบบเพื่อให้ระบบทำงานมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานสูงขึ้น แนวทางการดำเนินการแบบนี้ต้องการการลงทุน และความชำนาญการด้านเทคนิควิศวกรรมระบบประกอบอาคารเป็นพื้นฐานสำคัญ
3. เปลี่ยนแปลงระบบประกอบอาคาร เป็นการดำเนินการเปลี่ยนทดแทนระบบที่มีอยู่เดิมเพื่อใช้ระบบที่มีเทคโนโลยีสูงขึ้น และให้ประสิทธิภาพด้านการใช้พลังงานที่ดีกว่า การดำเนินการรูปแบบนี้ต้องการการลงทุนค่อนข้างสูง และต้องมีการเตรียมการ และบริหารโครงการที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดการสะดุดติดขัดในการใช้อาคารตามปกติ วิธีดังกล่าวเป็นการดำเนินการที่ให้ผลในการลดการใช้พลังงานได้ค่อนข้างสูงประมาณร้อยละ 30-50 โดยขึ้นอยู่กับความสามารถของระบบที่ติดตั้งใหม่ และขอบเขตการดำเนินการ
4. สร้างอาคารประหยัดพลังงาน เป็นแนวทางดำเนินการที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด เนื่องจากเป็นการสร้างอาคารที่มีลักษณะเฉพาะเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งในส่วนสถาปัตยกรรม และวิศวกรรม แต่เป็นแนวทางที่ต้องการการลงทุนสูงมาก องค์ประกอบหลักของแนวทางการออกแบบอาคารให้ประหยัดพลังงาน จะประกอบไปด้วย[5]
    - การเลือกที่ตั้งอาคาร การออกแบบรูปทรงของอาคาร และการจัดวางอาคารให้เหมาะสม เป็นการใช้ประโยชน์จากสภาพแวดล้อมโดยรอบบริเวณที่ตั้งอาคาร หรือการปรับแต่งสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคาร โดยมีแนวคิดที่สำคัญคือ การทำให้สภาวะแวดล้อมโดยรอบภายนอกอาคารมีอุณหภูมิลดต่ำลงกว่าสภาพภูมิอากาศปกติ และผลกระทบที่เกิดจากความร้อนของรังสีอาทิตย์ในเวลากลางวัน ซึ่งจะมีผลทำให้สามารถลดภาระในการทำความเย็นให้กับตัวอาคารได้
    - การออกแบบกรอบอาคาร เพื่อป้องกันความร้อนจากแสงอาทิตย์โดยเลือกวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสมต่อการป้องกันความร้อน การออกแบบอุปกรณ์กันแสง และการใช้ประโยชน์จากแสงสว่างธรรมชาติอย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากภาระการทำความเย็นของอาคารส่วนใหญ่ จะมาจากความร้อนที่ผ่านวัสดุกรอบอาคารเข้ามาในอาคาร

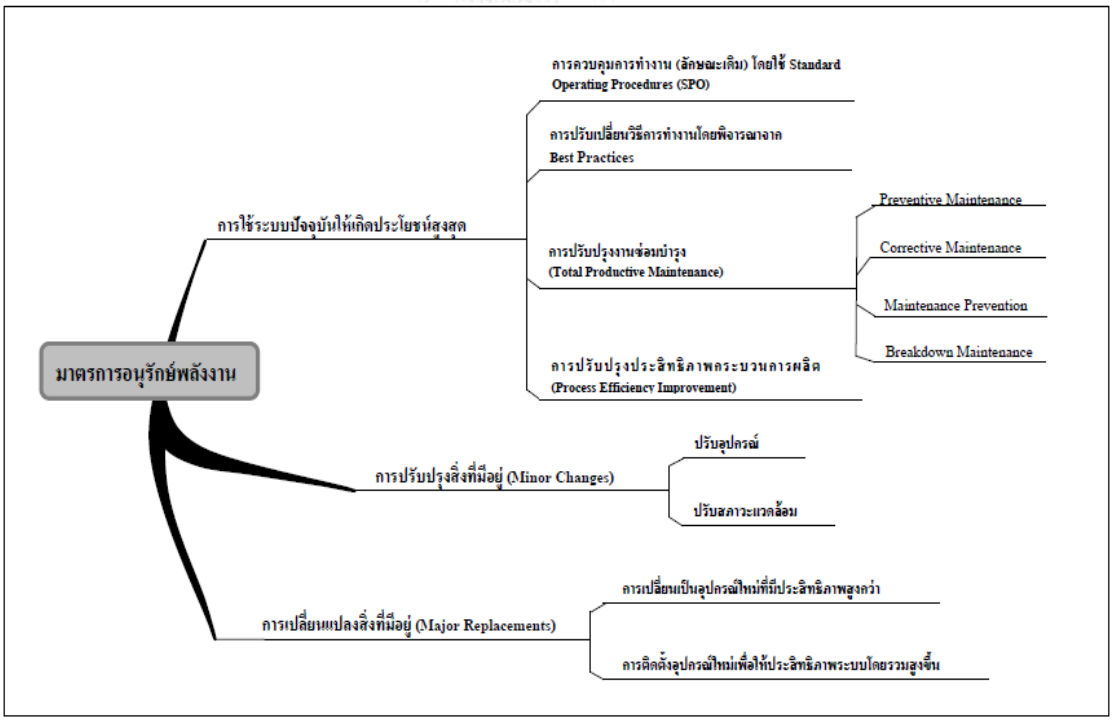
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ดังนั้นการออกแบบอาคารให้สามารถลดปริมาณความร้อนที่ผ่านกรอบอาคารจึงเป็นปัจจัยหลักที่ช่วยลดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศของอาคารได้

- การออกแบบระบบ HVAC ให้เหมาะสมกับสภาวะความต้องการการปรับอากาศและให้ระบบมีประสิทธิภาพสูง
- การออกแบบระบบเชิงกลอื่นๆ เช่น ระบบลิฟท์ บันไดเลื่อน หรือระบบทำน้ำร้อน ฯลฯ เป็นต้น ให้เหมาะสม และมีประสิทธิภาพสูง
- การเลือกเครื่องใช้อุปกรณ์ภายในอาคารที่มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูง
- การเลือกใช้พลังงานทดแทนอื่น ๆ

และจากการศึกษาเอกสารอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ได้กล่าวถึงแนวทาง และการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน หรือมาตรการที่ช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร /อุปกรณ์[6] ได้แก่

ภาพที่ 2.1 แนวทางในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน



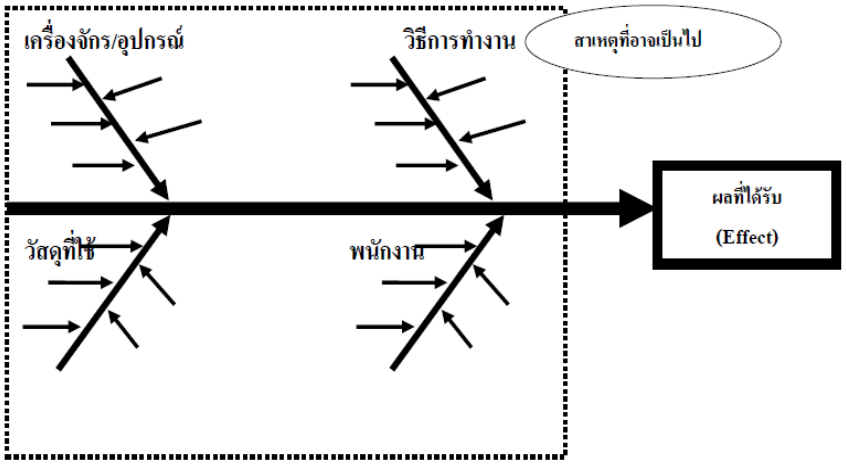
ที่มา : เอกสารอบรมผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2548 กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน

1. การใช้ระบบปัจจุบันที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด โดย
   - ควบคุมการทำงานแนวทางเดิมให้ดีขึ้นโดยการใช้ Standard Operating Procedures
   - การปรับเปลี่ยนวิธีการทำงานโดยพิจารณาจาก Best Practices การปรับปรุงงานซ่อมบำรุง โดยพิจารณาให้ประยุกต์องค์ประกอบของหลักการ Total Preventive Maintenance (TPM) ซึ่งประกอบด้วย Preventive Maintenance, Corrective Maintenance, Maintenance Prevention และ Breakdown Maintenance ทั้งนี้องค์กรไม่จำเป็นต้องประยุกต์ใช้ทั้ง 4 องค์ประกอบ หากแต่ควรนำองค์ประกอบที่เหมาะสมกับสภาพ/ความพร้อมมาใช้ การปรับปรุงประสิทธิภาพกระบวนการผลิต
2. การปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่ เช่น การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) เป็นต้น
3. การเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ เช่น การติดตั้ง Air split type เครื่องใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าของเดิมเพื่อช่วยลดค่าการใช้พลังงานลง เป็นต้น

2.3 การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานในอาคาร

การกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน หรือมาตรการที่ช่วยแก้ไขปัญหาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของเครื่องจักร/อุปกรณ์ อาจใช้หลักการของ Cause-and-Effect Diagram หรือที่ในบางครั้งเรียกว่า “Fishbone Diagram” เป็นแนวทางในการระดมความคิดเห็น โดยเริ่มจากผลที่ได้รับ (Effect) คือ อุปกรณ์ประสิทธิภาพต่ำเป็นหัวปลาอยู่ทางขวามือ แผนผังที่ 2.2 และพิจารณาทีละประเด็น

ภาพที่ 2.2 Cause-and-Effect Diagram (หรือ Fishbone Diagram)



ที่มา : คู่มือการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า กระทรวงพลังงาน[7]

เริ่มจากเครื่องจักร/อุปกรณ์ วิธีการทำงาน วัสดุที่ใช้ และพนักงาน ทุกประเด็นสามารถเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการใช้พลังงานสูงได้ จึงไม่ควรละเลย เมื่อทราบสาเหตุที่ก่อให้เกิดการใช้พลังงานสูงกว่าเกณฑ์แล้ว ลำดับถัดไปคือการกำหนดมาตรการที่เหมาะสม เช่น สาเหตุที่ทำให้ค่าการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศเพิ่มขึ้นมาก ดังนั้นมาตรการที่ควรกำหนดคือการปรับปรุงระบบปรับอากาศ โดยการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็น เป็นต้น

หรืออาจใช้วิธีการการค้นหาศักยภาพขององค์กรในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยเริ่มจากการเก็บข้อมูล ตรวจวัด และวิเคราะห์การใช้พลังงาน และประเมินการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ คือเป็นการมุ่งเน้นไปยังกระบวนการ และอุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานในสัดส่วนที่สูง ว่ามีการใช้พลังงานได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามข้อกำหนดที่ควรจะเป็นของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมาย และวางแผนงานด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป

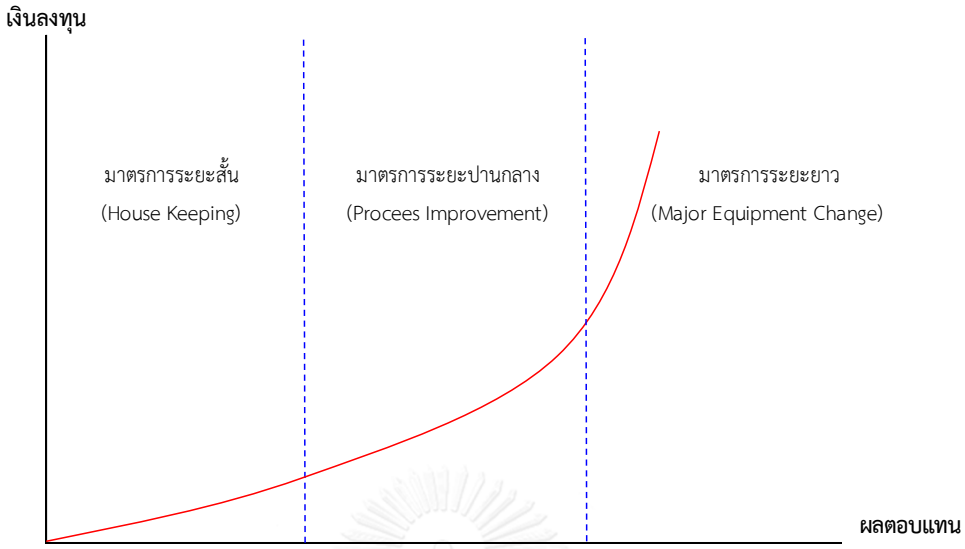
มาตรการด้านอนุรักษ์พลังงานอาจแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ

1. **มาตรการระยะสั้น** เป็นการดำเนินการโดยมุ่งเน้นด้านการจัดการ (House Keeping) ใช้เงินลงทุนน้อย หรืออาจไม่ใช้เงินลงทุนเลย
2. **มาตรการระยะปานกลาง** เป็นการดำเนินการปรับปรุงอุปกรณ์ หรือกระบวนการในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (Process Improvement) การดำเนินมาตรการจะต้องอาศัยข้อมูลจากการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy Audit)
3. **มาตรการระยะยาว** เป็นการเปลี่ยนโครงสร้างการใช้พลังงาน การใช้อุปกรณ์ หรือการใช้ระบบใหม่ (Major Equipment Change) ต้องมีการศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด เนื่องจากต้องใช้เงินลงทุนสูง

ในการเลือกใช้มาตรการในระดับต่าง ๆ ด้านการอนุรักษ์พลังงานดังที่กล่าวมานั้น จะขึ้นอยู่กับความพร้อมของแต่ละอาคาร ทั้งทางด้าน บุคลากร เงินทุน สภาพการใช้พลังงานเดิมของแต่ละอาคาร รวมทั้งความคุ้มค่าในการดำเนินมาตรการดังภาพที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 2.3 ระดับของการดำเนินการมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงาน



การคำนวณผลตอบแทนทางการเงิน[8]

ภายหลังจากที่กำหนดมาตรการเป้าหมายโดยใช้แนวทางใดแนวทางหนึ่งแล้ว องค์กรต้องประมาณค่าใช้จ่ายที่จำเป็นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ในที่สุด องค์กรจะมีตารางแสดงมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมาย เงินลงทุน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ อย่างไรก็ตาม องค์กรส่วนใหญ่ไม่มีทรัพยากรเพียงพอ โดยเฉพาะด้านการเงินที่จะลงทุน จึงจำเป็นต้องตัดสินใจลงทุนในมาตรการที่เหมาะสมที่สุด ให้ผลตอบแทนดีผ่านเกณฑ์ขององค์กร การนำเสนอผลตอบแทนต่อผู้บริหารที่ดีที่สุด จึงเป็นการคำนวณบนฐานการเงิน ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุน มีรายละเอียดดังนี้

1) มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value)

มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV) คือ ผลต่างระหว่างมูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่ได้รับจากการลงทุน เช่น การประหยัดต้นทุน พลังงาน ฯลฯ เป็นต้น ในรูปตัวเงินที่คาดว่าจะได้รับในแต่ละปีตลอดอายุของโครงการ กับมูลค่าปัจจุบันของเงินที่จ่ายออกไปภายใต้โครงการที่กำลังพิจารณา ณ อัตราคิดลด (Discount rate) หรือค่าของทุน (Cost of capital) ที่กำหนดจากคำนิยามข้างต้น การคำนวณหามูลค่าปัจจุบันสุทธิจะต้องทราบข้อมูล ดังนี้

- กระแสเงินสดจ่ายสำหรับลงทุนสุทธิ
- กระแสเงินสดรับจากการดำเนินงานสุทธิรายปีตลอดอายุโครงการ
- ระยะเวลาของโครงการ
- อัตราคิดลดหรืออัตราดอกเบี้ย

จากสูตร

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t}$$

โดยที่ n = จำนวนปีที่ใช้ประเมินทางด้านเศรษฐกิจ
Bt = ผลประโยชน์ในปีที่ t
Ct = ค่าใช้จ่ายในปีที่ t
r = อัตราส่วนลด

อัตราดอกเบี้ยหรืออัตราคิดลด (Discount rate) จะมีค่าเดียวกันตลอดอายุโครงการ และขึ้นอยู่กับอัตราดอกเบี้ยของตลาดที่ผู้ลงทุนเผชิญอยู่ ซึ่งค่าที่เป็น base case ซึ่งอย่างน้อยควรมีค่าเท่ากับอัตราดอกเบี้ยเงินฝากประจำที่ผู้ลงทุนได้รับ

ในการเลือกโครงการ ค่า NPV จะแสดงให้เห็นว่าโครงการที่กำลังพิจารณา มีมูลค่าปัจจุบันสุทธิของการลงทุนเป็นมูลค่าเท่าไรเมื่อสิ้นสุดโครงการ ถ้าค่า NPV มีค่าเป็นบวกแสดงว่าโครงการดังกล่าว สมควรที่จะลงทุน และควรเลือกโครงการที่ให้ค่า NPV เป็นบวกสูงที่สุด แต่การใช้ NPVเพียงอย่างเดียวอาจทำให้มีข้อจำกัดในการตัดสินใจเลือกโครงการได้ เช่น ในกรณีที่โครงการมีขนาดหรือระยะเวลาดำเนินงานต่างกัน แต่ให้ค่า NPV ที่เป็นบวกเท่ากัน ดังนั้น การตัดสินใจให้การสนับสนุนควรจะต้องนำเครื่องมืออื่นมาประกอบการพิจารณาควบคู่กันไปด้วย

2) อัตราผลตอบแทนภายใน (Internal Rate of Return)

อัตราผลตอบแทนภายใน (IRR: Internal Rate of Return) หมายถึงอัตราลดค่า (Discount rate) ที่ทาให้มูลค่าปัจจุบันของผลประโยชน์ที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมดเท่ากับมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นทั้งหมด โดยคิดตลอดอายุโครงการ อัตรานี้จะแสดงให้เห็นถึงผลตอบแทนที่จะได้รับจากการลงทุนในโครงการ สามารถนำมาใช้เปรียบเทียบว่าโครงการใดให้ผลตอบแทนในอัตราที่สูงกว่ากันซึ่งในการคำนวณหา IRR จะต้องทราบข้อมูลดังนี้

- ต้นทุนค่าใช้จ่ายรายปีตลอดอายุโครงการ
- ผลประโยชน์ที่จะได้รับรายปีตลอดอายุโครงการ

การคำนวณค่า IRR มีสูตรดังนี้

$$\sum_{t=0}^{n} \frac{(B_t - C_t)}{(1+r)^t} = 0$$

โดยที่ r = อัตราผลตอบแทนภายในของโครงการ

IRR ใช้เป็นหลักเกณฑ์ในการวิเคราะห์โครงการว่าโครงการนั้น ๆ มีเปอร์เซ็นต์ตอบแทนการลงทุนของโครงการสูงเพียงไร เป็นหลักเกณฑ์ในการประเมินความได้เปรียบในทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการหนึ่งๆ หรือใช้จัดลำดับโครงการเพื่อแสดงประสิทธิภาพของโครงการในการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า อย่างไรก็ตาม การหาค่า IRR จะไม่ได้ผลสำหรับโครงการที่ไม่มีการลงทุนในระยะเริ่มแรก

3) อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุน (Benefit-Cost Ratio)

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อต้นทุน (B/C : Benefit Cost Ratio) เป็นดัชนีการลงทุนที่แสดงให้เห็นถึงสัดส่วนมูลค่าเงินปัจจุบันของผลประโยชน์กับมูลค่าปัจจุบันของเงินลงทุน และค่าใช้จ่ายของโครงการ ถ้าอัตราส่วนของผลประโยชน์ต่อทุนหรือค่า B/C มากกว่า 1 หมายถึง โครงการจะให้ผลตอบแทนคุ้มค่าที่จะลงทุน มีวิธีการคำนวณดังนี้

(1) คำนวณผลประโยชน์และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละปี (จากการวิเคราะห์กระแสเงินสด)

(2) คำนวณมูลค่าปัจจุบันของโครงการ (Present Value) จากข้อ (1) ทั้งค่าใช้จ่าย และผลประโยชน์ (PVb, PVc)

(3) คำนวณ BC Ratio = PVb/PVc

ดังแสดงสูตรการคำนวณดังนี้

$$B/C = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t}{(1+r)^t}}$$

อัตราส่วนผลประโยชน์ต่อทุนของโครงการแสดงถึงประสิทธิภาพการลงทุนของโครงการ ใช้เป็นองค์ประกอบของหลักเกณฑ์ในการตัดสินโครงการว่าโครงการนี้ควรลงทุนหรือไม่ หรืออาจใช้เป็นเกณฑ์ประกอบการตัดสินใจเปรียบเทียบระหว่างโครงการด้วยกันว่าโครงการใดมี BC Ratio ดีกว่า

4) ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period)

ระยะเวลาคืนทุน (PB : Payback Period) คือ ระยะเวลาที่ผลประโยชน์สุทธิที่โครงการได้รับจากการดำเนินงานสามารถชดเชยเงินลงทุนสุทธิตอนเริ่มโครงการพอดี การหาค่า PB สามารถทำได้ 2 แบบ คือ

ก. Static method

ในกรณีที่มีรายรับหรือผลประโยชน์สุทธิเท่ากันทุกปี สามารถคำนวณโดย

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายลงทุน}}{\text{ผลประโยชน์ที่ได้รับสุทธิต่อปี}}$$

ในกรณีที่มีรายรับหรือผลประโยชน์สุทธิแต่ละปีไม่เท่ากัน จะต้องคำนวณผลประโยชน์สุทธิสะสมจนได้ค่าที่เป็นศูนย์ หรือคืนทุนพอดี

ข. Dynamic method

ระยะเวลาคืนทุน = จำนวนปีที่ทำให้มูลค่าปัจจุบันสุทธิเท่ากับหรือมากกว่าศูนย์

ค่า PB ทั้ง 2 แบบ จะมีความแตกต่างกัน โดย PB แบบ Static method จะให้ระยะเวลาคืนทุน เร็วกว่าแบบ Dynamic method เนื่องจาก Dynamic method จะใช้การคำนวณค่าแบบสะสมจากมูลค่าปัจจุบันของต้นทุนและผลประโยชน์ซึ่งคิดลดค่าแล้ว

การใช้ค่าดัชนี PB ในการตัดสินใจเลือกโครงการ จะแสดงให้เห็นว่าต้องใช้เวลานานเพียงใดในการได้ทุนคืน ถ้าสามารถได้ทุนคืนเร็วโครงการก็จะน่าสนใจ แต่จะมีจุดด้อย คือ วิธีนี้จะไม่ให้ความสนใจ ถึงผลประโยชน์สุทธิในส่วนที่จะได้รับหลังจากช่วงเวลาคืนทุนแล้ว ซึ่งอาจจะมีผลตอบแทนภายหลังมากกว่าโครงการที่มีPB เร็วกว่าก็ได้

ในการหาค่า NPV, IRR หรือ PB นั้น มูลค่ากระแสเงินสดที่แสดงถึงการใช้จ่ายในการลงทุนและรายรับหรือผลประโยชน์ของโครงการ มีการพิจารณา ดังนี้

1) ค่าใช้จ่ายการลงทุน : โครงการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการด้านไฟฟ้าหรือ พลังงานความร้อนสามารถแบ่งรูปแบบการลงทุนออกได้หลายลักษณะ เช่น การเปลี่ยนเครื่องจักร การใช้วัสดุอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน(replacement) เป็นต้น ข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ คือ

- ประเภท ราคา และจำนวนของเครื่องจักร หรือ วัสดุอุปกรณ์ที่นำมาเปลี่ยน
- ค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนหรือติดตั้ง
- ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา

2) การปรับปรุงเครื่องมือ เครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่มีอยู่ให้สามารถช่วยประหยัดพลังงานได้ดีขึ้น รวมทั้งการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้สามารถประหยัดพลังงานได้ (Modification) ข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ คือ

- วิธีการที่ใช้ในการปรับปรุง
- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนปรับปรุงเครื่องมือเครื่องจักร อุปกรณ์ หรือกระบวนการผลิต
- การติดตั้งระบบใหม่ เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติหรือเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่ (modernization) เป็นต้น
- สิ่งที่ต้องทราบในการคำนวณ
- ลักษณะของระบบ หรือกระบวนการผลิตใหม่
- ค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อ ภาษี และค่าติดตั้ง
- ค่าใช้จ่ายในการจัดการและบำรุงรักษา

3) ต้นทุนพลังงานที่ประหยัดได้ จะคำนวณเป็นรายปี ข้อมูลที่ต้องใช้ในการวิเคราะห์ คือ

- ปริมาณพลังงานที่ใช้ในโครงการอื่น ๆ ก่อนทำกิจกรรมตามที่กำหนดในโครงการ
- ค่าทางเทคนิคในการประเมินผลการประหยัด
- ปริมาณพลังงานที่ใช้ในโครงการนั้น ๆ หลังทำกิจกรรมตามมาตรการ

- ราคาพลังงานที่ใช้ ได้แก่ ค่าไฟฟ้า ราคาน้ำมันเตา ราคาก๊าซปิโตรเลียม

การประเมินผลตอบแทนการลงทุนในมุมมองของเจ้าของโครงการ หรือผู้ประกอบการจะมุ่งเน้นที่ผลตอบแทนสุทธิหลังจากหักภาษีเงินได้นิติบุคคลแล้ว ดังนั้น เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินไม่ว่าจะเป็น NPV,IRR หรือ PB จะใช้กับกระแสเงินสดหลังจากหักภาษีเงินได้นิติบุคคลแล้ว

ข้อควรคำนึง

1) ข้อมูลผลประโยชน์ หรือปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้จะต้องประเมินจากค่าทางเทคนิคที่มีหลักฐานอ้างอิง รวมทั้งมีการพิจารณาค่าความคลาดเคลื่อนที่อาจจะเกิดขึ้นได้

2) ราคาของวัสดุ หรืออุปกรณ์ ควรมาจากแหล่งที่น่าเชื่อถือ และสะท้อนความเป็นจริงให้มากที่สุดในกรณีที่จะต้องใช้เป็นปริมาณมากควรจะมีการสืบราคาจาก Supplier หลายราย

3) การกำหนดอายุของโครงการ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับอายุการใช้งาน (service life) ของเครื่องมือ เครื่องจักร หรือวัสดุ อุปกรณ์ที่นามาใช้ ดังนั้น การเลือกยี่ห้อ และ suppliers ก็อาจจะมีผลต่อการระบุอายุการใช้งานของเครื่องมือ เครื่องจักร หรือวัสดุอุปกรณ์นั้น ๆ ได้

4) ความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนส่งผลต่อต้นทุนของเครื่องมือ เครื่องจักร และวัสดุอุปกรณ์ต่างๆต้องนำเข้าอย่างมาก ความผันผวนของอัตราแลกเปลี่ยนทำให้ต้องติดตามราคาอย่างใกล้ชิด และยังส่งผลต่ออัตราเงินเฟ้อ และราคาพลังงานที่อาจจะเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาเช่นกัน

5) อัตราการปรับตัวเลขอัตราค่าพลังงานที่ประหยัดได้ และค่าใช้จ่ายแปรผันอื่นๆ ตลอดจนการลงทุนซ้า จะต้องสะท้อนถึงการคาดการณ์ภาวะเศรษฐกิจที่อาจเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา อัตราการปรับจึงต้องเปลี่ยนแปลงตามสถานการณ์เศรษฐกิจ

6) ไฟฟ้าจะเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่ได้รับความสนใจมากที่สุด ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้จากการดำเนินโครงการ จะต้องระบุทั้งจำนวนหน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) พลังไฟฟ้าสูงสุด (กิโลวัตต์) และกิโลวาร์ (กรณีที่มีผลประหยัดจากกิโลวาร์) ในแต่ละช่วงเวลาตามอัตราค่าไฟฟ้า การประหยัดไฟฟ้า จะหมายถึงการลดจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือจำนวนกิโลวัตต์ หรือกิโลวาร์ หรือทั้งสามอย่าง ไม่ใช่เฉพาะจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง

7) ควรจะใช้อัตราค่าไฟฟ้าในขั้นสุดท้าย (marginal rate) ที่หน่วยงานนั้นต้องชำระให้กับการไฟฟ้าในการคิดคำนวณ FIRR เนื่องจากการไฟฟ้าฝ่ายจำหน่ายได้คิดค่าไฟฟ้ากับลูกค้าในรูปของอัตราก้าวหน้า หากมีการประหยัดพลังงานไฟฟ้า หรือกำลังไฟฟ้า ผู้ประหยัดไฟก็จะประหยัดได้ในอัตราขั้นสุดท้ายไม่ใช่อัตราเฉลี่ย

8) ในกรณีที่อุปกรณ์ที่ต้องลงทุนซ้ำ ยังมีอายุการใช้งานเหลืออยู่เมื่อสิ้นสุดอายุโครงการ ให้คิดมูลค่าซากตามสัดส่วนของอายุการใช้งานที่ยังเหลืออยู่ ส่วนค่าใช้จ่ายในการติดตั้งอุปกรณ์ หรือวัสดุก็เช่นเดียวกัน

2.4 การอนุรักษ์พลังงานในระบบหลักของอาคาร

แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าในระบบ และอุปกรณ์ต่างๆ ของอาคาร[9]

2.4.1 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ

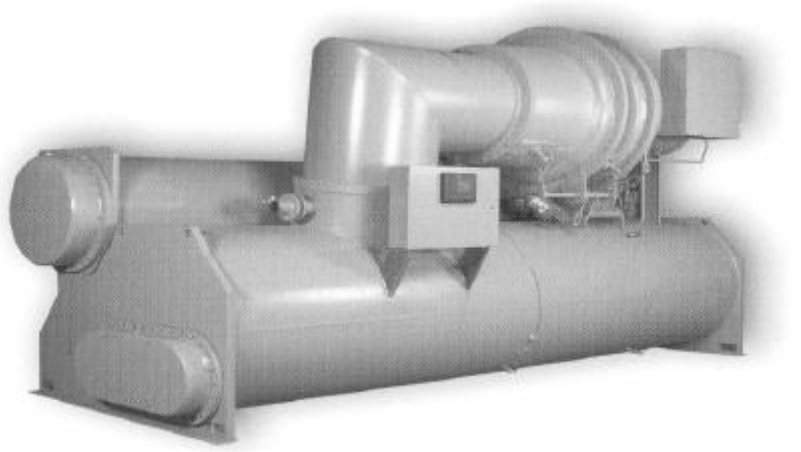
ระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณมาก และมีสัดส่วนการใช้พลังงานสูงสุด เนื่องจากระบบต้องทำงานต่อเนื่องตลอดเวลาที่มีผู้ใช้งานอาคาร ดังนั้น การอนุรักษ์พลังงานของระบบดังกล่าวจึงมีความสำคัญ และจะช่วยให้อาคารประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลงได้มาก ซึ่งระบบปรับอากาศมีวัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

- ควบคุมอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศในห้องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน และ ความสุขสบายของคน
- ควบคุมให้การหมุนเวียน และถ่ายเทอากาศภายในห้องปรับอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน และความสุขสบายของคน
- ลดฝุ่นละอองของอากาศภายในห้องปรับอากาศ และเนื่องจากห้องปรับอากาศเป็นห้องปิดมิดชิด ดังนั้นการปรับอากาศจึงช่วยลดมลภาวะ กลิ่น ฝุ่นละออง และเสียงของอากาศภายนอกที่จะมีผลกระทบต่อห้องปรับอากาศ

2.4.1.1 ประเภทของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศในเชิงพาณิชย์ สามารถแบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆได้ 2 ประเภท ตามลักษณะการทำความเย็น ดังนี้

1) แบบรวมศูนย์โดยใช้สารตัวกลาง เช่น น้ำเป็นสารในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศในห้องปรับอากาศ ระบบปรับอากาศแบบนี้จะใช้วัฏจักรการทำความเย็นแบบกดดันไอ สารทำความเย็นจะทำการแลกเปลี่ยนความเย็นกับน้ำเพื่อทำให้น้ำมีอุณหภูมิประมาณ 6-7°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่เหมาะสำหรับการปรับอากาศ เมื่อน้ำแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศภายในห้องปรับอากาศแล้ว น้ำจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น โดยทั่วไปจะให้อุณหภูมิสูงขึ้นไม่เกิน 12°C แล้วนำน้ำดังกล่าวนี้กลับไปลดอุณหภูมิใหม่ อุปกรณ์ลดอุณหภูมิของน้ำเรียกว่า “เครื่องทำน้ำเย็น” ซึ่งผู้ผลิตจะประกอบเครื่องอัด เครื่องควบแน่น เครื่องลดอุณหภูมิ และอุปกรณ์ลดแรงดันเป็นชุดสำเร็จรูป ส่วนน้ำที่ใช้แลกเปลี่ยนความร้อนกับสารทำความเย็นเรียกว่า “น้ำเย็น” เครื่องทำน้ำเย็นที่เลือกใช้สามารถเลือกการระบายความร้อนที่เครื่องควบแน่นได้ 2 ชนิด ชนิดใช้อากาศระบายความร้อนเรียกว่า “เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ” และชนิดที่ใช้น้ำระบายความร้อนเรียกว่า “เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ” ส่วนเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำเย็น และอากาศภายในห้องปรับอากาศ เรียกว่า “เครื่องส่งลมเย็น” หรือ “เครื่องจ่ายลมเย็น” ความแตกต่างของเครื่องทั้งสอง คือขนาดในการทำความเย็น โดยเครื่องส่งลมเย็นจะมีขนาดทำความเย็นมากกว่า และสามารถส่งลมเย็นผ่านท่อในระบบท่อส่งลมเย็นได้พื้นที่มากกว่า



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 2.4 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

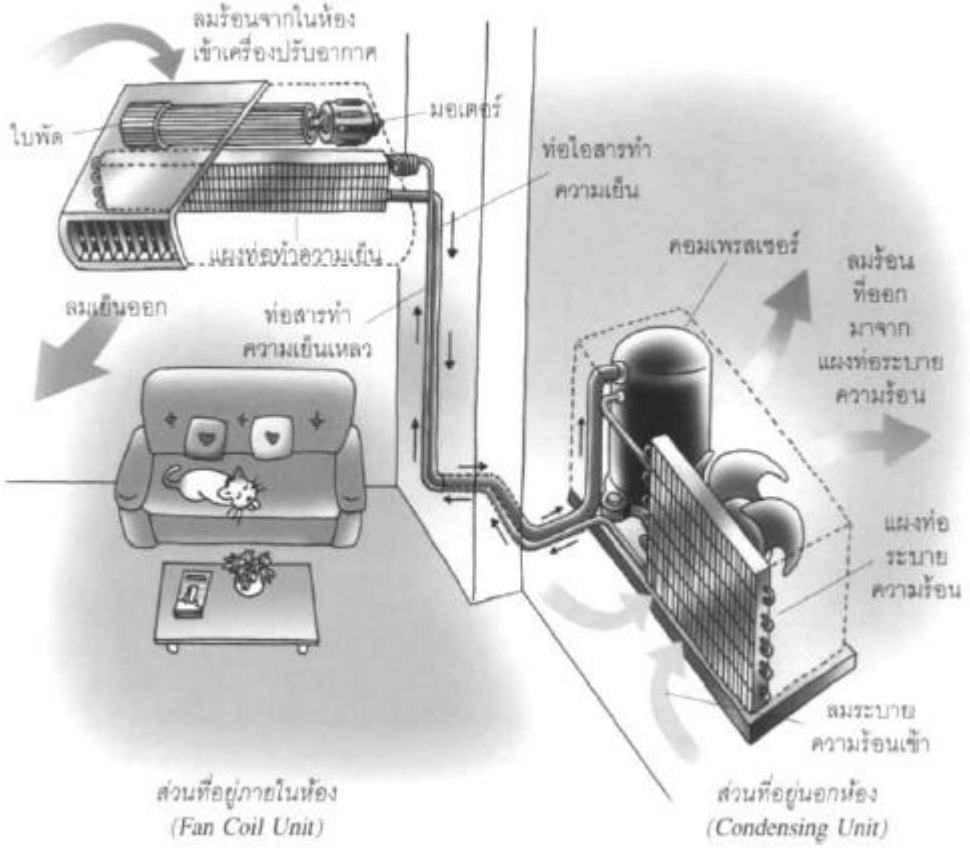
ภาพที่ 2.5 เครื่องทำน้ำเย็นแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

ภาพที่ 2.6 เครื่องสูบน้ำ

ภาพที่ 2.7 หอผึ่งน้ำ

ระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์นี้ สามารถใช้กับอาคารพาณิชย์ขนาดใหญ่ และโรงงานอุตสาหกรรมได้ดี เนื่องจากการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมทั้งระบบจะใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่าแบบใช้สารทำความเย็นทำความเย็นโดยตรง

2) แบบใช้สารทำความเย็นทำความเย็นโดยตรง (Direct Expansion)



ภาพที่ 2.8 แบบใช้สารทำความเย็นทำความเย็นโดยตรง

Chulalongkorn University

เครื่องปรับอากาศที่ใช้สารทำความเย็นแลกเปลี่ยนกับอากาศโดยตรง หรือที่นิยมเรียกว่า Split Type หรือ Packaged Type มีหลักการทำความเย็นเช่นเดียวกับวัฏจักรการทำความเย็นแบบกดดันไอ การแลกเปลี่ยนความเย็นระหว่างสารทำความเย็นที่ระเหยในขดท่อทองแดงกับอากาศภายในห้องโดยใช้พัดลมหมุนเวียน เพื่อให้อุณหภูมิภายในห้องสม่ำเสมอ เครื่องปรับอากาศแบบนี้โดยทั่วไปจะมีขนาดไม่ใหญ่มากเนื่องจากขีดจำกัดของอุปกรณ์ เช่น ขนาดของเครื่องอัดและเครื่องควบแน่น นอกจากนี้ เทคโนโลยีของระบบยังไม่สามารถออกแบบให้มีเครื่องอัดและเครื่องควบแน่น 1 ชุดกับเครื่องจ่ายลมเย็นหลายๆ ชุดได้ดี ที่ทำได้ก็จะเป็นระบบแปรเปลี่ยนปริมาตรสารทำความเย็นด้วยเครื่องปรับความเร็วรอบที่ชุดเครื่องอัด ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังมีราคาแพง

2.4.1.2 การประหยัดพลังงานที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็น

เครื่องทำน้ำเย็นเป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดในระบบทำความเย็น ดังนั้นจึงควรพยายามหาวิธีการลดพลังงานในส่วนนี้ ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดได้ปริมาณมาก วิธีการมาตรฐานที่ใช้กับเครื่องทำน้ำเย็นมี 4วิธี ดังนี้

1) การปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นให้สูงขึ้น

การปรับตั้งอุณหภูมิของน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น จะมีผลต่อความสิ้นเปลืองพลังงานอย่างมาก ในบางอาคารที่ปรับตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็นไว้ต่ำเกินไปสามารถเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็นขึ้นได้ โดยไม่กระทบต่อสภาพของห้องต่างๆ ในอาคารมากนัก การเพิ่มอุณหภูมิของน้ำเย็นขึ้น $1^{\circ}F$ จะทำให้พลังงานที่ใช้ในเครื่องทำน้ำเย็นลดลง 1.5-2%

2) การลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ออกจาก Cooling Tower

ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นจาก Cooling Tower ที่เข้าสู่ Condenser สามารถประหยัดพลังงานของเครื่องทำน้ำเย็นได้ 1.5-2% สาหรับทุกๆ $1^{\circ}F$ ของอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ลดต่ำลง โดยที่อากาศในประเทศไทยค่อนข้างชื้น การทำน้ำหล่อเย็นให้มีอุณหภูมิต่ำมากๆ ต้องลงทุนด้วยการซื้อ Cooling Tower ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือมิฉะนั้นก็เดิน Cooling Tower ชุดสำรองในขณะที่ความร้อนภายในอาคารเกิดขึ้นสูงสุด

3) การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Electric Demand) ของเครื่องทำน้ำเย็นมิให้สูงเกินไป ทำได้ 2 วิธี

(1) ทำการหยุดเครื่องเป่าลมที่ใช้ทำความเย็นแก่บริเวณที่มีความสำคัญน้อยชั่วขณะในช่วงเวลาที่ความต้องการไฟฟ้ามีแนวโน้มจะสูงเกินค่าที่ตั้งไว้

(2) ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น โดยการบังคับมิให้ Inlet Vanes ของเครื่อง Centrifugal ทำน้ำเย็น เปิดกว้างเกินไป

วิธีแรกให้ผลดีในการใช้งานมากกว่า เพราะไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อการควบคุมอุณหภูมิในบริเวณสำคัญของอาคาร แต่พลังงานที่ประหยัดได้ค่อนข้างน้อย ส่วนวิธีที่สองสามารถประหยัดพลังงานได้มาก แต่อุณหภูมิของอากาศในบริเวณสำคัญของอาคารจะสูงขึ้น จึงควรใช้เฉพาะเมื่อจำเป็นหรือเมื่อเริ่มเดินเครื่องทำน้ำเย็นหลังจากหยุดระบบปรับอากาศไปเป็นเวลานานหลายวันแล้วเท่านั้น

4) การจัดตารางเดินเครื่องให้เหมาะสมกับภาระ

พยายามจัดลำดับการเดินเครื่องให้สอดคล้องกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคารอยู่เสมอโดยที่ความร้อนภายในอาคารมักไม่คงที่ โดยจะแปรเปลี่ยนไปตามฤดูกาล เวลาในแต่ละวันและกิจกรรมที่เกิดขึ้นดังนั้น หากเดินเครื่องทำน้ำเย็นให้น้อยชุด และให้ทำความเย็นเต็มที่ตามสมรรถนะของแต่ละชุดแล้วประสิทธิภาพการทำความเย็นจะสูงสุด และช่วยประหยัดพลังงานได้เป็นจำนวนมาก ข้อสำคัญ คือ ควรหลีกเลี่ยงการใช้เครื่องทำน้ำเย็นทำงานต่ำกว่า 40% ของสมรรถนะเต็มที่ของตัวเครื่องโดยเด็ดขาด

5) มาตรการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ สามารถดำเนินการได้ทั้งมาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย และมาตรการที่ต้องลงทุน ดังตัวอย่างต่อไปนี้

มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- ปรับตั้งอุณหภูมิให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ประมาณ 25-26 องศาเซลเซียส ในบริเวณพื้นที่ทำงานทั่วไป และพื้นที่ส่วนกลาง เพราะการตั้งอุณหภูมิต่ำจนเกินไปจะทำให้สิ้นเปลืองพลังงาน
- สำหรับห้องประชุม หรือห้องสัมมนาที่มีการใช้งานไม่เต็มพื้นที่ ควรกำหนดให้เครื่องทำความเย็นทำงานเป็นส่วนๆ ตามพื้นที่ที่ใช้งาน
- ลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศ เช่น เปิดเครื่องปรับอากาศให้ช้าลง และปิดให้เร็วขึ้น เป็นต้น
- กรณีปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาพักเที่ยง และเปิดเมื่อกลับเข้ามาทำงานในเวลา 13.00 น. เพื่อไม่ให้เครื่องปรับอากาศทำงานพร้อมกันจำนวนมาก อาจใช้การลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์แทน โดยการปรับเทอร์โมสตัทไปที่อุณหภูมิสูงสุดหรือ Fan Mode ในช่วงพักเที่ยงเพื่อให้คอมเพรสเซอร์หยุดการทำงาน เมื่อกลับเข้าทำงานก็ปรับไปที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสหรือ Cool Mode ตามปกติ ทั้งนี้การปรับเทอร์โมสตัทตามคำแนะนำ ดังกล่าว เครื่องปรับอากาศจะยังคงทำงานในส่วนของพัดลมจ่ายลมเย็น ซึ่งใช้พลังงานไม่มากนัก และจะทำให้ห้องทำงานไม่ร้อนจนเกินไปเมื่อกลับเข้าทำงาน นอกจากนี้ยังช่วยลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศเมื่อเปิดเครื่องปรับอากาศใหม่หลังเวลา 13.00 น. ได้อีกด้วย
- เปิดเครื่องระบายอากาศเท่าที่จำเป็น
- ติดตั้งเครื่องปรับอากาศสูงจากพื้นพอสมควรเพื่อให้ลมเย็นกระจายไปทั่วถึงบริเวณที่ใช้งาน
- ปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า และหลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่ไม่จำเป็น เพื่อช่วยลดปริมาณความร้อนภายในอาคารที่เป็นภาระของระบบปรับอากาศ
- ลดปริมาณความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นรังสีตรงจากดวงอาทิตย์ (direct sun) หรือบริเวณที่รับแสงแดดโดยตรง
- บำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ โดย
  - ทำความสะอาดแผงกรองอากาศที่อยู่ภายในชุดเครื่องปรับอากาศภายในอาคาร อย่างสม่ำเสมอทุกๆเดือน เพราะนอกจากจะช่วยให้ประหยัดพลังงานแล้ว ยังดีต่อสุขภาพอนามัยของผู้ใช้อาคารอีกด้วย
  - ทำความสะอาดชุดระบายความร้อนที่ติดตั้งภายนอกอาคาร ทุกๆ 6 เดือน
- ลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศ โดย
  - ป้องกันความร้อนเข้าสู่อาคารโดยการติดกันสาด หรือปลูกต้นไม้เพื่อให้เกิดร่มเงา

Chulalongkorn University

บริเวณโดยรอบอาคาร

- ตรวจสอบ และซ่อมแซมจุดรั่วต่างๆ ของห้องเป็นประจำ
- ย้ายสัมภาระสิ่งของที่ไม่จะเป็นออกจากห้องปรับอากาศ
- เปิด-ปิดประตู เข้า-ออก ของห้องที่มีการปรับอากาศเท่าที่จำเป็น ระมัดระวังไม่เปิดประตู-หน้าต่างห้องปรับอากาศทิ้งไว้
- สำหรับอาคารที่ต้องมีการเข้า-ออก บ่อยๆ ควรติดตั้งประตูบานสวิงที่ปิดได้เอง และหมั่นดูแลบำรุงรักษาให้บานสวิงทำงานได้ดีอยู่ตลอดเวลา
- หลีกเลี่ยงการติดตั้ง และใช้เครื่องใช้ไฟฟ้าที่เป็นแหล่งกำเนิดความร้อนในห้องปรับอากาศ เช่น ตู้เย็น ตู้น้ำเย็น กระติกน้ำร้อน เตาไมโครเวฟ เครื่องถ่ายเอกสาร เป็นต้น

มาตรการที่ต้องลงทุน

- ปรับปรุงกรอบอาคารเพื่อลดการถ่ายเทความร้อนจากภายนอกเข้าสู่อาคาร เช่น ติดตั้งฉนวนบุเพดาน และผนังด้านที่รับแสงแดดมาก ติดตั้งกระจก 2 ชั้น ซึ่งมีค่าความต้านทานความร้อนสูงกว่าทดแทนกระจกธรรมดา เป็นต้น
- ติดตั้งเครื่องควบคุมการจ่ายลมเพื่อช่วยควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสม
- ติดตั้งม่าน หรือกันสาดเพื่อป้องกันไม่ให้แสงแดดตกกระทบหน้าต่างโดยตรง
- ติดตั้งแผ่นสะท้อนความร้อนจากแสงอาทิตย์
- ติดตั้งระบบเปิด-ปิดไฟฟ้าอัตโนมัติ
- เลือกใช้เครื่องทำความเย็น และเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
- ปรับปรุงสภาพแวดล้อมโดยรอบอาคารให้มีความร่มรื่นเย็นสบายโดยการปลูกต้นไม้ หรือทำสนามหญ้าแทนพื้นคอนกรีต

ระบบปรับอากาศจะทำงานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพจะต้องอาศัยการระบายความร้อนที่ดี ดังนั้นการติดตั้ง เอาใจใส่ดูแล และบำรุงรักษาหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนของระบบปรับอากาศจึงเป็นสิ่งสำคัญ โดยอาจดำเนินการได้ดังนี้

- ติดตั้งหอผึ่งน้ำในบริเวณที่ถูกต้องเหมาะสม คือ บริเวณเปิดโล่ง อากาศถ่ายเทได้สะดวก และเว้นระยะห่างตามที่ผู้ผลิตกำหนด
- ตรวจสอบการทำงานของหอผึ่งน้ำ และคุณภาพน้ำเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ
- นำความร้อนจากระบบปรับอากาศมาใช้ใหม่
- ระบายน้ำทิ้ง เพื่อลดความเข้มข้นของสารต่างๆ ที่หอผึ่งน้ำ

2.4.2 การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง[10]

หลักการที่สำคัญในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง คือ การใช้แสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุดหรือใช้แสงสว่างในบริเวณอย่างเพียงพอทั้งปริมาณ และคุณภาพ ซึ่งทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นส่งผลต่อการผลิต ดังนั้น การปรับปรุงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จึงมีบทบาทต่อการประหยัดพลังงาน โดยมีอุปกรณ์สำคัญในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ดังนี้

2.4.2.1 **หลอดไฟฟ้า**

หลอดไฟฟ้าแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดใหญ่ๆ คือ หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) หลอดปล่อยประจุก๊าซหรือหลอดดีสชาร์จ (Discharge Lamp) และหลอดแอลอีดี (Ligh Emitting Diode , LED)

1. หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent lamp) หลอดประเภทนี้อาศัยหลักการจ่ายกระแสไฟฟ้าผ่านไส้หลอดทั่วไปทำจากทังสเตน ซึ่งทำให้เกิดความร้อนและแสงสว่างขึ้น หลอดไส้เป็นหลอดที่มีประสิทธิผล การส่องสว่างน้อยที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมด รวมทั้งมีอายุการใช้งานที่ค่อนข้างสั้นคือประมาณ 1, 000 – 3,000 ชั่วโมงแต่หลอดชนิดนี้ยังเป็นหลอดที่นิยมใช้เป็นอย่างมาก เนื่องจากง่ายต่อการติดตั้ง และค่าติดตั้งเริ่มต้นมีราคาถูกสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทได้แก่ หลอดไส้แบบธรรมดา (Normal Incandescent Lamp) และหลอดทังสเตนฮาโลเจน (Tungsten Halogen Lamp)

หลอดไส้แบบธรรมดา หลอดชนิดนี้ประกอบด้วยขดลวดทังสเตนบรรจุในหลอดแก้วเมื่อกระแสไหลผ่านไส้หลอดจะเกิดการเปล่งแสงออกมา ขณะหลอดทำงานขดลวดทังสเตนจะค่อยๆ ระเหยจนกระทั่งหมดอายุการใช้งาน ซึ่งไส้หลอดมีลักษณะเป็นขดลวดส่วนใหญ่ทำจากทังสเตน (Tungsten) หลอดไส้แบบธรรมดาเหมาะสำหรับการให้แสงสว่างทั่วๆไปโดยเฉพาะบริเวณที่ ต้องการความรู้สึกแบบอบอุ่น การให้แสงเน้นบรรยากาศ เช่น บ้าน โรงแรม และร้านอาหาร เป็นต้น และการใช้งานแสงสว่างในระยะเวลาสั้น ๆ เช่น ห้องเก็บของ ห้องน้ำ เป็นต้น หลอดประเภทนี้มีอายุการใช้งานประมาณ 1,000 ชั่วโมง

หลอดทังสเตนฮาโลเจน เนื่องจากหลอดเผาไส้ธรรมดา อุณหภูมิจะสูงขณะใช้งานทำให้เกิด การระเหิดของทังสเตนที่ใช้ทำไส้หลอดมาเกาะอยู่ที่ผิวในกระเปาะ ทำให้กระเปาะแก้วมีสีดำ เรียกว่า Blackening Effect และไส้หลอดบางลงจนขาดในที่สุด จึงได้มีการพัฒนาหลอดเผาไส้ธรรมดานี้ โดยบรรจุธาตุตระกูลฮาโลเจนเข้าไปกับแก๊สที่บรรจุในหลอดแล้วอาศัยปรากฏการณ์ Halogen Regenerative Cycle ที่เกิดจากการรวมตัวของก๊าซฮาโลเจนกับโลหะทังสเตนที่ร้อนจนระเหิด แล้วกลายเป็นสารประกอบทังสเตน – ฮาโลเจน และกลับมาเกาะที่ไส้หลอดใหม่ ทำให้หลอดมีอายุการใช้งานมากขึ้น และช่วยให้หลอดไม่เปลี่ยนไปเป็นสีดำโครงสร้างของหลอดทังสเตน-ฮาโลเจน แสดงดังภาพที่ 2.16

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอด Discharge lamp ที่กำเนิดแสงที่มองเห็นได้ด้วยการที่รังสีอัลตราไวโอเลตที่เกิดจากการคายประจุของไอปรอทความดันต่ำ ไปกระตุ้นสารเรืองแสง โดยชนิดของหลอดฟลูออเรสเซนต์อาจแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอก (Tubular Fluorescent) และหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) และหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยว นำ (Induction Fluorescent) ซึ่งใช้หลักการเปล่งแสงคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไปแต่วิธีการจุดหลอดปล่อยประจุต่างกัน

1) หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอก (Tubular Fluorescent) เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์รุ่นแรกที่ผลิตออกมา ได้รับความนิยมมาก เนื่องจากมีประสิทธิผลสูง และมีอายุการใช้งานที่นานกว่าหลอดไส้รูปร่างของหลอดมีลักษณะแตกต่างกัน 3 แบบ ได้แก่ แบบทรงกระบอกตรง แบบทรงกระบอกรูปตัวยู (U-shape)และแบบทรงกระบอกรูปวงกลม ดังแสดงใน**ภาพ**ที่ 2.20

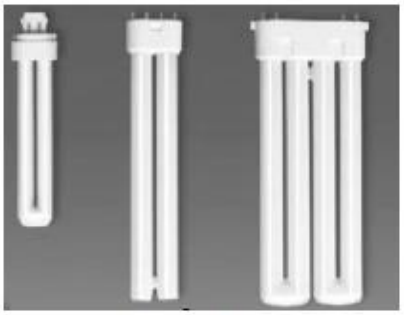
(ก) แบบทรงกระบอกตรง (ข) แบบทรงกระบอกรูปตัวยู (ค) แบบทรงกระบอกรูปวงกลม

ภาพที่ 2.20 หลอดฟลูออเรสเซนต์รูปทรงกระบอกรูปแบบต่างๆ
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

Chulalongkorn University

2) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent) หลอดประเภทนี้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนหลอดอินแคนเดสเซนต์ โดยหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์นี้มีอายุการใช้งานประมาณ 8,000 ชั่วโมง และประหยัดไฟได้มากกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ เนื่องจากหลอดประเภทนี้มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ ดังนั้นจึงสามารถใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ได้ในบางพื้นที่หรือบางกิจกรรม โดยเฉพาะบริเวณที่ต้องมีการเปิดไฟทิ้งไว้เป็นเวลานาน เช่น ไฟส่องสว่างทางเดิน เป็นต้น

สำหรับการใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์เพื่อทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ เช่น การส่องสว่างในสำนักงานนั้นจะต้องพิจารณาจากคุณลักษณะของแหล่งกำเนิดแสง เนื่องจากหลอดคอมแพคฟลูออเรส-เซนต์ มีลักษณะของแสงที่เป็นจุด ดังนั้นหากใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ซึ่งลักษณะของแสงเป็นแนวยาวจะทำให้เกิดเงาขึ้นเป็นจำนวนมาก หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มีทั้งแบบบัลลาสต์แยก และแบบบัลลาสต์ในตัว ซึ่งมีรูปร่างลักษณะดังภาพที่ 2.21



ก) แบบบัลลาสต์แยกภายนอก

ข) แบบบัลลาสต์ในตัว

ภาพที่ 2.21 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์แบบต่างๆ
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

3) หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ (Induction Fluorescent) หลอดประเภทนี้มีหลักการทำงานคือ เมื่อรับไฟผ่านจากบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดพิเศษเข้ามาที่ขดลวดปฐมภูมิที่พันอยู่บนแกนเฟอร์ไรต์ ตัวหลอดที่คล้องอยู่ในแกนเฟอร์ไรต์เสมือนเป็นทุติยภูมิ ไฟฟ้ากระแสสลับความถี่สูงจากขดลวดปฐมภูมิ จะสร้างสนามแม่เหล็กขึ้นที่รอบตัวหลอด ทำให้เกิดแรงดันสูงเหนี่ยวนำขึ้นที่หลอด ส่งผลให้อิเล็กตรอนภายในหลอดเกิดการแตกตัวและวิ่งไปกระทบกับอะตอมปรอทปล่อยรังสียูวี และผ่านสารเรืองแสงที่เคลือบด้านในผิวหลอดกลายเป็นแสงที่มองเห็นได้ ซึ่งหลักการเปล่งแสงคล้ายหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป เนื่องจากหลอดประเภทนี้ไม่มีขั้วหลอด จึงมีอายุการใช้งานนาน เช่น หลอดขนาด 100-150 W มีอายุการใช้งานนานถึง60,000 ชั่วโมง มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง 8,000-12,000 lm และประสิทธิภาพ 80 lm/W ลักษณะและข้อมูลทั่วไปของหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำแสดงดังภาพที่ 2.22

ภาพที่ 2.22 หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบเหนี่ยวนำ
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

4) หลอดโซเดียมความดันต่ำ (Low Pressure Sodium) เป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่าง สูงที่สุดในบรรดาหลอดทั้งหมดคือจะมีค่าประสิทธิผลการส่องสว่าง 100 – 189 lm/W หลอดโซเดียมความดันต่ำจะใช้ก๊าซนีออน (Neon) และก๊าซอาร์กอน (Argon) ช่วยในการจุดติดหลอด โดยในการดีสชาร์จจะทำให้ผนังหลอดแก้วร้อนขึ้น ซึ่งจะทำให้โซเดียมกลายเป็นไอ ให้แสงสีเหลือง หลอดนี้มีช่วงเวลาที่ใช้ในการจุดติดหลอด และช่วงเริ่มเปล่งแสง (Run-Up) 12-15 นาที

เนื่องด้วยประสิทธิผลการส่องสว่างที่สูงของหลอดโซเดียมความดันต่ำ หลอดชนิดนี้จึงเหมาะที่จะใช้เพื่อการอนุรักษ์พลังงานในกรณีที่ต้องเปิดไฟไว้เป็นระยะเวลานาน แต่หลอดชนิดนี้ให้ความเพี้ยนสีสูง จึงไม่ควรนำไปใช้กับกิจกรรมหรือบริเวณที่ต้องความถูกต้องของสีสูง

ภาพที่ 2.23 หลอดโซเดียมความดันต่ำ
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

5) หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury) หรือ**หลอดแสงจันทร์** เป็นหลอดดีสชาร์จความดันสูงชนิดแรกที่มีการผลิตขึ้นมาใช้งานเพื่อใช้ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดชนิดนี้ที่ใช้เป็นไฟส่องสว่างสำหรับไฟถนน

หลอดไอปรอทความดันสูงสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทได้แก่แบบใส และแบบเคลือบสารช่วยกระจายแสง (ดังภาพที่ 2.22) และแบ่งตามโครงสร้างวงจรได้เป็น 2 แบบคือ แบบใช้บัลลาสต์ กับแบบไม่ใช้บัลลาสต์ ในหลอดแบบใช้บัลลาสต์ มีค่าประสิทธิผลการส่องสว่างประมาณ 40-60 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งานประมาณ 14,000 ชั่วโมง

หลอดไอปรอทความดันสูงแบบใส

หลอดไอปรอทความดันสูงแบบเคลือบ

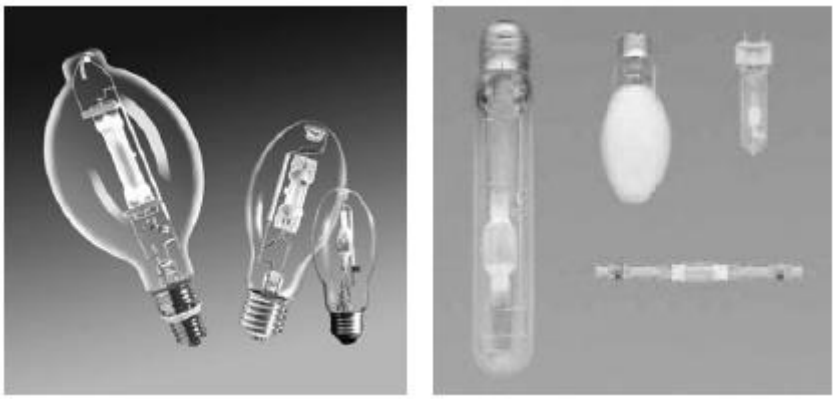
ภาพที่ 2.24 หลอดไอปรอทความดันสูงแบบใสและแบบเคลือบ
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

6) หลอดโซเดียมความดันสูง (High Pressure Sodium) เป็นหลอดที่ให้ประสิทธิภาพการมองเห็นที่ดีที่สุดเนื่องจากหลอดให้เปล่งแสงสีทองเหลือง ซึ่งเป็นสีที่ไวต่อการมองเห็นของมนุษย์ หลอดประเภทนี้ มีอายุการใช้งานยาวนานจึงนิยมใช้สำหรับการให้แสงสว่างภายนอกอาคารอาทิเช่น ที่จอดรถ ลานรับ-ส่งสินค้า ไฟสนามกีฬา เป็นต้น มีลักษณะแสดงดังภาพที่ 2.25

ภาพที่ 2.25 หลอดโซเดียมความดันสูง
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

หลอดโซเดียมความดันสูงเป็นหลอดที่มีประสิทธิผลการส่องสว่างค่อนข้างสูง 70 – 140 lm/W แต่ให้ความถูกต้องของสีค่อนข้างต่ำ (CRI 23) ยกเว้นรุ่นที่มีการปรับปรุงคุณภาพของแสงซึ่งจะให้ความถูกต้องของสีประมาณ 60 – 85

7) หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide) มีลักษณะการทำงานคล้ายหลอดไอปรอทความดันสูง แต่แตกต่างกันตรงที่ภายในหลอดประเภทนี้จะเติมสารประกอบเมทัลฮาไลด์เข้าไปกับปรอท เพื่อทำให้ได้สีของแสงดีขึ้น ดังนั้นหลอดเมทัลฮาไลด์นี้จึงมีคุณสมบัติทางสีที่ดี เหมาะสำหรับใช้ในงานที่ต้องการแสงสีที่ดี เช่น สนามกีฬา และโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการเห็นแสงสีของวัสดุ เป็นต้น ประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดเมทัลฮาไลด์ขึ้นอยู่กับขนาดกำลังไฟฟ้า แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีค่าประมาณ 65 - 95 ลูเมนต่อวัตต์ อายุการใช้งานหลอดประเภทนี้จะมีอายุการใช้งานน้อยกว่าหลอดไอปรอทความดันสูง คือมีอายุการใช้ งานประมาณ 9,000-20,000 ชั่วโมง ลักษณะและข้อมูลทั่วไปของหลอดเมทัลฮาไลด์แสดงอยู่ในภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 หลอดเมทัลฮาไลด์

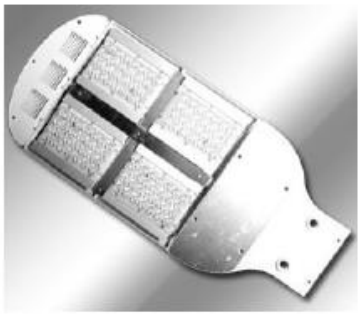
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. หลอดแอลอีดี (Ligh Emitting Diode , LED) หลอดแอลอีดีเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีการเปล่งแสง และถูกควบคุมการกระจายแสงด้วยเลนส์ที่เคลือบไว้ เมื่อใช้งานกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงอิเล็กตรอนจะผ่านไปตามอุปกรณ์เซมิคอนดักเตอร์ทำให้เกิดแสงออกมาตามความถี่ของแสงที่ได้กำหนด ปัจจุบันได้มีการพัฒนาแอลอีดีให้อยู่ในรูปหลอดไฟที่มีขั้วหลอดแบบทั่วไป เช่น E27 และ E40 ซึ่งสามารถเปลี่ยนทดแทนหลอดไส้ หรือหลอดปล่อยประจุความเข้มแสงสูง (HID) ได้ (ภาพที่ 2.28) สามารถใช้ได้ทั้งในและนอกอาคาร และในสถานที่ที่ไม่ต้องการการเกิดประกายไฟช่วงจุดหลอด ทำงานได้ในอุณหภูมิช่วงกว้างถึง -40 ถึง 180 องศาฟาเรนไฮน์ ความเสื่อมทางแสงต่ำ จุดติดเร็ว ไม่ต้องใช้บัลลาสต์ในหลอดแอลอีดีย่อยแต่ละตัวจะมีขนาดเล็ก มีเลนส์ค่าสะท้อนแสงสูงอยู่ในตัวและบังคับทิศทางแสงส่องลงด้านล่างเป็นหลัก จึงไม่จำเป็นต้องใช้โคมที่มีการสะท้อนแสงสูง มีแสงบาดตาต่ำ ประหยัดเงินค่าบำรุงรักษา

ก) หลอดขนาด 5 W 300 lm ขั้วหลอด E27

ข) หลอดขนาด 28 W 2,100 lm ขั้วหลอด E40



ค) หลอดสำหรับไฟถนนชนิดสำเร็จรูปทั้งดวงโคม

ภาพที่ 2.28 หลอดแอลอีดีสมรรถนะสูงที่ออกแบบใช้ทดแทนหลอดไฟแบบทั่วไป
ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

จากประเภทหลอดไฟที่ได้กล่าวมาข้างต้นทั้งหมด สามารถทำการสรุปเปรียบเทียบข้อมูลสำคัญเกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไฟประเภทต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 2.15

ตารางที่ 2.15 การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไฟ

ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (h)
อินแคนเดสเซนต์	15-500	120-8,400	8-17	1,000
ฮาโลเจนแรงดันปกติ	75-2,000	975-50,000	13-25	2,000
ฟลูออเรสเซนต์ ฟลักซ์การส่องสว่างสูง	18-36	1,300-3,350	72-93	12,000
ฟลูออเรสเซนต์ฟลักซ์การส่องสว่างสูง ประสิทธิภาพสูง	14-35	1,350-3,650	93-104	20,000
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ บัลลาสต์แยกภายนอก	8-18	360-1,000	45-56	8,000

ตารางที่ 2.15 (ต่อ) การเปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพพลังงานของหลอดไฟ

ชนิดหลอด	กำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)	อายุการใช้งานเฉลี่ย (h)
คอมแพคฟลูออเรสเซนต์ บัลลาสต์ในตัว	8-23	420-1,350	53-64	8,000
ฟลูออเรสเซนต์ แบบเหนี่ยวนำ	100-150	8,000-12,000	80	60,000
โซเดียมความดันต่ำ (ประสิทธิผลการส่องสว่างสูง)	18-180	1,800-32,500	100-181	14,000
ไอปรอทความดันสูง (เคลือบ) แบบใช้บัลลาสต์	50-1,000	1,800-58,000	36-58	14,000
ไอปรอทความดันสูง แบบไม่ใช้บัลลาสต์	160-250	3,100-5,600	19-22	6,000
โซเดียมความดันสูง (มาตรฐาน)	50-1,000	3,450-130,000	69-130	18,000
โซเดียมความดันสูง ประสิทธิผลการส่องสว่างสูง	100-400	10,000-56,000	100-140	18,000
เมทัลฮาไลด์ (ขั้วเดี่ยว)	70-2,000	5,100-189,000	73-95	20,000
เมทัลฮาไลด์ (สองขั้ว)	70-2,000	5,500-220,000	79-80	9,000
แอลอีดีสมรรถนะสูง ขั้วหลอดแบบ E27	5	300	60	50,000
แอลอีดีสมรรถนะสูง ขั้วหลอดแบบ E40	28-180	2,100-13,800	75-77	50,000

ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

2.4.2.2 บัลลาสต์

บัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับการใช้งานควบคุมการทำงานของหลอดก๊าซดีสชาร์จ นอกจากจะช่วยในการทำงานของวงจรไฟฟ้าแสงสว่างให้สมบูรณ์แล้ว ยังมีผลต่อการควบคุมฟลักซ์การส่องสว่าง อายุการใช้งานของหลอด และการใช้พลังงานไฟฟ้าในวงจรด้วยบัลลาสต์มีหน้าที่หลักที่สำคัญ 2 ประการคือ

ก) ประการแรก ช่วยสร้างให้เกิดแรงดันเพียงพอในการจุดหลอดก๊าซดีสชาร์จให้ติดควบคุมปริมาณกระแสไฟฟ้าผ่านหลอดขณะสตาร์ต และทำงาน

ข) ประการที่สอง จ่ายกำลังไฟฟ้าให้หลอดอย่างเหมาะสม นอกจากนั้นอาจมีหน้าที่อื่นๆเช่น การปรับหรี่แสงสว่าง เป็นต้น

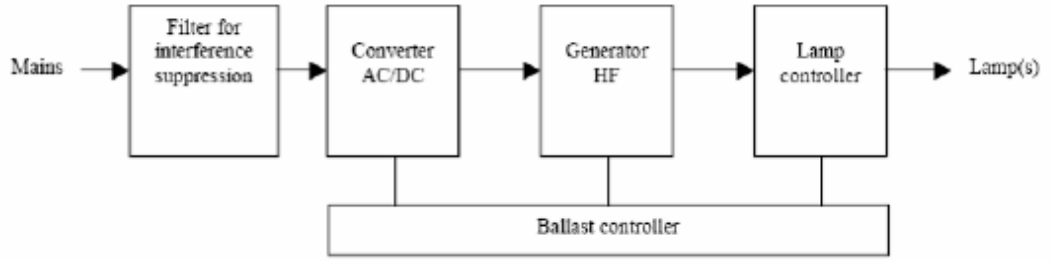
1) บัลลาสต์แกนเหล็ก (Electromagnetic Ballast) โครงสร้างเป็นขดลวดพันรอบแกนเหล็ก (core & coil) ซึ่งชนิดที่นิยมใช้ในประเทศไทยเป็นแบบตัวเหนี่ยวนำ (inductor) หรือเรียกว่าโช้ก (choke) โดยทำหน้าที่หลักทั้ง 2 ประการของบัลลาสต์ คือ สร้างแรงดันสูงเหนี่ยวนำเพื่อใช้จุดหลอดให้ติด และจำกัดกระแสให้หลอดอย่างเหมาะสมต้องเลือกให้เหมาะสมกับหลอดแต่ละประเภท แต่ละชนิด และแต่ละขนาด ซึ่งบัลลาสต์เป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นสำหรับหลอดก๊าซดีสชาร์จเพราะเมื่อหลอดไฟผ่านขั้นตอนการจุดติดแล้วนั้น ค่าความต้านทานของหลอดจะลดลงอย่างมาก จึงต้องนำบัลลาสต์มาต่ออนุกรมในวงจรเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวต้านทานมิให้กระแสไหลเกินพิกัดจนไส้หลอดขาด

การใช้งานร่วมกันระหว่างหลอดไฟฟ้าและบัลลาสต์จะต้องเป็นชนิดที่ออกแบบให้ใช้งานร่วมกันได้ หากใช้งานผิดชนิดกันย่อมทำให้เกิดผลเสียหายหลายอย่าง เช่น จุดหลอดติดยาก หลอดเสื่อมสภาพเร็ว อายุใช้งานสั้น กำลังสูญเสียในบัลลาสต์สูงซึ่งจะทำให้อายุงานบัลลาสต์สั้นลงได้ เป็นต้น การใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพจะต้องเลือกใช้บัลลาสต์ที่มีประสิทธิภาพสูง และเหมาะสมกับหลอดไฟ สามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1.1 บัลลาสต์แกนเหล็กทั่วไป (Conventional ballast) ในการทำงานบัลลาสต์ซึ่งเป็นขดลวดพันอยู่รอบแกนเหล็กเพื่อสร้างค่าความเหนี่ยวนำสูง ซึ่งมีผลทำให้มีค่าความต้านทานสูงเกิดกำลังสูญเสียมากตามไปด้วยโดยมีค่ากำลังสูญเสียประมาณ 8 – 12 วัตต์ สำหรับบัลลาสต์ที่ใช้กับหลอด 36 หรือ 40 วัตต์ และหลอด 18 หรือ 20 วัตต์ การสูญเสียดังกล่าวจะเปลี่ยนไปในรูปของความร้อน ทำให้อุณหภูมิบัลลาสต์ขณะใช้งานอาจสูงถึง 75 – 90 °C จะทำให้ฉนวนที่เคลือบขดลวดค่อยๆ เสื่อมสภาพ และเสื่อมอายุการใช้งานตามเวลา โดยทั่วไปบัลลาสต์แกนเหล็กแบบทั่วไปตามมาตรฐาน มอก. มีอายุการใช้งานประมาณ 10 ปี ใช้งาน (หากใช้งานไม่ตลอด 24 ชม. ต่อวัน ก็อาจใช้งานได้นานถึง 30 ปี ตลอดอายุอาคาร)

1.2 บัลลาสต์แกนเหล็กแบบกำลังสูญเสียต่ำ (low loss ballast) เป็นบัลลาสต์แกนเหล็กประสิทธิภาพสูง ที่ลดการสูญเสียพลังงานในบัลลาสต์เหลือเพียงประมาณ 5 – 6 วัตต์ โดยการใช้เส้นลวดที่มีขนาดใหญ่ขึ้น และใช้แกนเหล็กที่มีคุณภาพดี

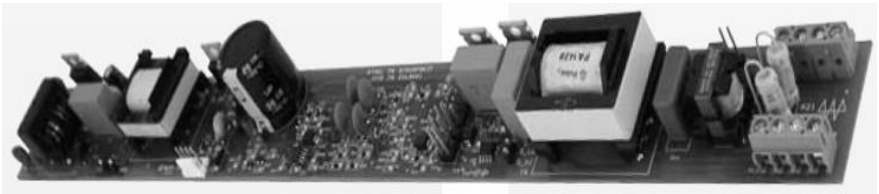
2) บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast) การทำงานของบัลลาสต์ชนิดนี้เหมือนบัลลาสต์แกนเหล็กมีโช้กทำหน้าที่หลักทั้ง 2 ประการของบัลลาสต์ แต่การจะลดการสูญเสียกำลังไฟฟ้าในโช้กได้โดยการลดขนาดโช้กให้เล็กลงนั้น จำเป็นต้องใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ทำการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายปกติความถี่ 50 Hz เป็นความถี่สูงไม่น้อยกว่า 20,000 Hz (เกณฑ์ 20 kHz เป็นความถี่สูงขั้นต่ำ ที่หูคนทั่วไปจะไม่ได้ยินเสียงการทำงาน) ซึ่งการใช้ความถี่สูงก็จะทำให้สามารถลดขนาดโช้กของบัลลาสต์ให้มีขนาดเล็กน้ำหนักเบา มีการสูญเสียต่ำ และประหยัดไฟได้มากกว่าบัลลาสต์แกนเหล็กได้ ปัจจุบันมีการพัฒนาบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานในระดับความถี่ kHz – MHz ดังภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.30 แผนผังแสดงส่วนทำงานหน้าที่ต่าง ๆ ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะประกอบด้วยส่วนสร้างความถี่สูง (HF Generator) และ ส่วนโช้ก (Lamp Controller) โดยมีวงจรควบคุม (Ballast Controller) ควบคุมการทำงาน ส่วนวงจรกำจัดคลื่นรบกวน(Filter for Interference Suppression) นั้นเป็นวงจรที่อาจมีในบัลลาสต์ที่มีราคาสูงและจัดว่ามีคุณภาพดี ซึ่งบัลลาสต์ราคาถูกบางรุ่นอาจไม่มีวงจรส่วนนี้ ดังภาพที่ 2.31



ภาพที่ 2.31 ตัวอย่างภาพอุปกรณ์ภายในกล่องบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

ที่มา : การอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน 2553

2.4.2.3 ข้อแนะนำของการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารตามมาตรฐาน IES

ก) ออกแบบแสงสว่างให้เหมาะกับกิจกรรมการทำงาน (แสงสว่างที่ชิ้นงาน, แสงสว่างโดยรอบที่ไม่ใช่พื้นที่ทำงาน) โดยการออกแบบให้ระดับแสงสว่างทั่ว ๆ ไปต่ำกว่า ส่วนแสงสว่างที่พื้นที่ทำงานจะสูงกว่า ทั้งนี้จะเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน จำเป็นต้องทราบตำแหน่งพื้นที่ทำงาน เพื่อที่จะจัดหาระดับแสงสว่างที่เหมาะสมที่ตำแหน่งของพื้นที่ทำงาน

ข) ออกแบบดวงโคมที่ให้มีประสิทธิภาพสูง ดวงโคม และระบบการออกแบบติดตั้ง ควรจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยปราศจากแสงบาดตา

ค) ใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง (ค่าลูเมน/วัตต์สูง) ในบางครั้งการเลือกใช้หลอดไฟฟ้าจะไม่ดูแค่ค่าลูเมนต่อวัตต์สูงเพียงอย่างเดียว แต่อาจจะดูเพิ่มเติมถึงอายุการใช้งาน ราคา และสีแสงที่เปล่งออกมาสีของแสงก็มีความสำคัญเท่ากับปัจจัยอื่น ๆ เนื่องจากสีมีผลโดยตรงต่อจิตใจ และพฤติกรรมมนุษย์ย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพการทำงานและอารมณ์

ง) ใช้ดวงโคมประสิทธิภาพสูง ประสิทธิภาพของดวงโคม จะเป็นการเพิ่มสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ นอกจากนี้ยังรวมถึงการทำความสะอาด และความสะดวกในการเปลี่ยนหลอดไฟ

จ) ใช้ดวงโคมที่ควบคุมความร้อน เพื่อลดความร้อนที่เกิดจากหลอดไฟ

ฉ) ใช้สีอ่อนกับอาคาร การดูดกลืนแสงสว่างอันเนื่องมาจากการสะท้อนแสงต่ำ จะเป็นการลดประสิทธิภาพแสงสว่าง จึงจำเป็นต้องใช้หลอดไฟเพิ่มขึ้น

ช) ใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ที่มีประสิทธิภาพสูง ถ้ามีความประสงค์ที่จะต้องใช้หลอดอินแคนเดสเซนต์ควรเลือกใช้หลอดขนาดวัตต์สูง ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่า และควรใช้คู่กับเครื่องหรี่ไฟ

ซ) ปิดไฟเมื่อไม่ใช้ ปิดไฟเมื่อไม่ใช้จะช่วยประหยัดพลังงาน และลดต้นทุน

ฌ) ควบคุมแสงบาดตาที่หน้าต่าง แสงบาดตาที่เข้าจากหน้าต่างมายังสายตาจะส่งผลต่อความสบายตา และความสามารถในการมองเห็น อาจจะลดความสามารถในการทำงานลง

ญ) แสงธรรมชาติ ประสิทธิผลของแสงธรรมชาติขึ้นอยู่กับการผสมระหว่างแสงธรรมชาติและแสงจากหลอดไฟฟ้า ขึ้นอยู่กับออกแบบควบคุมแสงสว่างอย่างเหมาะสม

ฎ) การบำรุงรักษา การบำรุงรักษาดี จะใช้จำนวนดวงโคมน้อยกว่า แต่ให้แสงสว่างเท่าเดิม การบำรุงรักษาจะรวมทั้งการเปลี่ยนหลอดไฟ และการทำความสะอาดดวงโคมตามกำหนด

ฏ) ปฏิบัติตามคู่มือการใช้งาน และการบำรุงรักษา การออกแบบแสงสว่างที่ดี และประหยัด ผู้ออกแบบแสงสว่างควรจะติดป้ายบอกวิธีใช้งานไว้ด้วย พลังงานจะสูญเปล่าถ้าผู้ใช้อาคารไม่รู้จักการบำรุงรักษา

2.4.3 มอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในหลายๆ จุดของอาคาร เช่น ระบบขนส่งภายในอาคาร ได้แก่ ลิฟต์ บันไดเลื่อน ระบบประปา ระบบบำบัดน้ำเสีย เช่น ปั๊มน้ำ เป็นต้น โดยปกติมอเตอร์มีอายุการทำงานประมาณ 10-20 ปี แต่หากใช้งานไม่เหมาะสมประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ย่อมต่ำลง ส่งผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงกว่าที่ควรจะเป็น ดังนั้นการใช้งาน และการบำรุงรักษามอเตอร์อย่าง

เหมาะสมจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการดำเนินการเพื่อการอนุรักษ์พลังงานของระบบที่ขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ไฟฟ้า มาตรการต่างๆ ที่สามารถนำมาใช้มีดังนี้

มาตรการที่ไม่ต้องเสียค่าใช้จ่าย

- เก็บข้อมูลการใช้พลังงานของมอเตอร์ไฟฟ้าเปรียบเทียบกับค่าพิกัด ซึ่งจะช่วยให้ทราบประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้าที่สามารถนำไปประกอบการตัดสินใจเลือกขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสม และสอดคล้องกับภาระการใช้งานต่อไป
- ตรวจสอบ และบำรุงรักษาการระบายความร้อน และระบบทางกลของมอเตอร์ให้อยู่ในสภาพดีอยู่เสมอ
- หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่าโดยไม่มีโหลด เพราะจะทำให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์
- หลีกเลี่ยงการเริ่มเดินเครื่อง และกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ขนาดใหญ่ในช่วงเวลาที่มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)
- ติดตั้งมอเตอร์ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทสะดวก เพราะการใช้งานมอเตอร์ในที่อุณหภูมิสูงจะทำให้สูญเสียกำลังของมอเตอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้านทานของขดลวดมีค่าสูงขึ้น
- ตรวจสอบ และปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์อย่างเหมาะสม ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าสูงเกินกว่าพิกัดที่บอกไว้บนป้ายเครื่อง (Name Plate) จะทำให้เกิดสูญเสียกำลังในแกนเหล็กมากขึ้นกว่าพิกัด ทำให้สมรรถนะการทำงานเปลี่ยนไป และมีผลต่ออายุการใช้งานมอเตอร์ด้วย

มาตรการที่ต้องลงทุน

- ติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ (Variable Speed Drive; VSD) เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์สำหรับงานที่ต้องการความเร็วรอบมอเตอร์หลากหลาย เช่น มอเตอร์ปั๊มน้ำ มอเตอร์พัดลมชุดส่งลมเย็นในระบบปรับอากาศ เป็นต้น
- เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์เดิม

นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างมาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับระบบ และอุปกรณ์อื่นๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับอาคารแต่ละประเภทได้ ดังนี้

2.4.4 ลิฟท์

- ปิดลิฟต์บางตัวในช่วงที่มีการใช้งานน้อย เช่น เวลากลางคืน เป็นต้น
- ปรับตั้งโปรแกรมให้ลิฟต์เปิดเฉพาะชั้น หรือสลับชั้น

- รณรงค์ประชาสัมพันธ์การใช้ลิฟต์ เช่น ใช้บันไดแทนลิฟต์ในกรณีที่ขึ้นลงชั้นใกล้เคียงหรือน้อยชั้น กดปุ่มเรียกลิฟต์เฉพาะทิศทางที่ต้องการไปเท่านั้น เป็นต้น
- ดูแลรักษา และเปลี่ยนอุปกรณ์ตามอายุการใช้งานที่กำหนด
- ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติควบคุมการทำงานของลิฟต์ เพื่อให้หยุดทำงานในขณะที่ไม่มีการใช้งาน

2.4.5 บันไดเลื่อน

- ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับอัตโนมัติสำหรับควบคุมให้บันไดเลื่อนทำงานเฉพาะเมื่อมีการใช้เท่านั้น
- ดูแลรักษา และเปลี่ยนอุปกรณ์ตามอายุการใช้งานที่กำหนด

2.4.6 ปั๊มน้ำ

- เลือกเครื่องปั๊มน้ำที่มีการทำงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุดใกล้เคียงกับจุดใช้งาน
- ไม่ควรเผื่อขนาดเครื่องปั๊มน้ำให้มีขนาดใหญ่จนเกินไป
- พยายามเลือกใช้เครื่องปั๊มน้ำขนาดเล็กจำนวนหลายตัว ดีกว่าใช้ขนาดใหญ่แต่มีจำนวนน้อย
- เลือกขนาดใบพัดให้เหมาะสมกับขนาดของตัวมอเตอร์ และปั๊มน้ำ
- จัดรายการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องปั๊มน้ำ อย่างสม่ำเสมอ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.5 การแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า[7]

2.5.1 ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

แบ่งลำดับหัวข้อย่อยตามที่การไฟฟ้านครหลวง และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ เพื่อให้หมายเลขของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตรงตามในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ในการคิดอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าได้จำแนกผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย
ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก
ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง
ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่
ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง
ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหากาไร
ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษต**ร**

1) ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย วัด และโบสถ์ของศาสนาต่าง ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
5 หน่วยแรก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) (หน่วยที่ 1-5)	0.00	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 6-15)	1.3576	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16-25)	1.5445	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26-35)	1.7968	8.19
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36-100)	2.1800	
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101-150)	2.2734	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

1.2 อัตราปกติปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
150 หน่วยแรก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) (หน่วยที่ 1-150)	1.8047	40.90
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	2*	
1.3.1 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	3.6246	1.1914	228.17
1.3.2 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	4.3093	1.2246	57.95

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

2) ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ลักษณะการใช้สาหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับที่อยู่อาศัย อุตสาหกรรม และหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	2.4049	228.17
แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์		
150 หน่วยแรก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) (หน่วยที่ 1-150)	1.8047	40.90
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151-400)	2.7781	
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	2.9780	

Chulalongkorn University

2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	2*	
2.2.1 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	3.6246	1.1914	228.17
2.2.2 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	4.3093	1.2246	57.95

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

3) ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
3.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	1.6660
3.1.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	196.26	1.7034
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	221.50	1.7314

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	1*	2*	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
3.2.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

4) ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ลักษณะการใช้ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Tariff หรือ TOD)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
	1*	2*	3*	
4.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	1.6660
4.1.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	1.7034
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	1.7314

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 18.30-21.30 น. ของทุกวัน

2*Partial Peak : เวลา 08.00-18.30 น. ของทุกวัน คิดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak

3*Off Peak : เวลา 21.30-08.00 น. ของทุกวัน ไม่คิดค่าต้องการกำลังไฟฟ้า

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	1*	2*	
4.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
4.2.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

5) ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรม และกิจการใช้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราปกติ (อัตราชั่วคราวก่อนเปลี่ยนเป็นอัตรา TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	220.56	1.6660
5.1.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	256.07	1.7034
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	276.64	1.7314

5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	1*	2*	
5.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
5.2.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

6) ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้าของราชการ หน่วยงานตามกฎหมายว่าด้วยระเบียบบริหารราชการส่วนท้องถิ่น ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน และองค์การที่ไม่ใช่ส่วนราชการ แต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน รวมถึงสถานที่ที่ใช้ในการประกอบศาสนกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง แต่ไม่รวมถึงหน่วยงานรัฐวิสาหกิจ สถานที่ทำการเกี่ยวกับกิจการของต่างชาติ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

6.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
6.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	1.9712	228.17
6.1.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	2.1412	228.17
6.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์		
10 หน่วยแรก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) (หน่วยที่ 1-10)	*1.3576*	*20.00*
เกินกว่า 10 หน่วย (หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	*2.4482*	

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	1*	2*	
6.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
6.2.2 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
6.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

7) ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

ลักษณะการใช้สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของส่วนราชการ กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

7.1 อัตราปกติ

อัตรารายเดือน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
100 หน่วยแรก (กิโลวัตต์ชั่วโมง) (หน่วยที่ 1-100)	0.6452	115.16
เกินกว่า 100 หน่วย (หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	1.7968	

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff หรือ TOU)

อัตรารายเดือน	ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	1*	1*	2*	
7.2.1 แรงดัน 12-24 หรือ 22-33 กิโลโวลต์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
7.2.2 แรงดันต่ำกว่า 12 หรือ 22 กิโลโวลต์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ

1*On Peak : เวลา 09.00-22.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

2*Off Peak : เวลา 22.00-09.00 น. วันจันทร์-วันศุกร์

: เวลา 00.00-24.00 น. วันเสาร์-วันอาทิตย์ และวันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

5.1.2 โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าที่การไฟฟ้าเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้า ซึ่งปรากฏอยู่ในใบเสร็จรับเงินค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือนจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆ ดังต่อไปนี้

1) ค่าพลังงานไฟฟ้า (Energy Charge) คิดตามปริมาณการใช้ไฟฟ้า (ตามหน่วยหรือกิโลวัตต์-ชั่วโมง) ที่ใช้ในแต่ละเดือน ตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้

2) ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้า (Demand Charge) คิดจากความต้องการกำลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดของช่วงเวลาในแต่ละเดือน ตามประเภทของอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้

3) ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ใช้สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทกิจการขนาดกลาง กิจการขนาดใหญ่ และกิจการเฉพาะอย่าง ในกรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้ามีค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ล้าหลัง (Lag) โดย

ถ้าในรอบเดือนมีความต้องการกำลังไฟฟ้ารีแอ็กตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการกำลังไฟฟ้าแอ็กตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์ เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 14.02 บาท

4) ค่าบริการรายเดือน

5) ค่าตัวประกอบการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ หรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่าค่า Ft เป็นค่าไฟฟ้าที่ปรับเปลี่ยนเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามภาวะต้นทุนการผลิต การจัดส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของการไฟฟ้าทั้งฝ่ายผลิต และฝ่ายจำหน่าย ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงของค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงและค่าซื้อไฟฟ้า
- การเปลี่ยนแปลงของอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศ
- การเปลี่ยนแปลงของอัตราเงินเฟ้อ
- การเปลี่ยนแปลงของความต้องการไฟฟ้า

Ft เดิม หมายถึง Fuel Adjustment Charge หรือการปรับค่าไฟฟ้าตามราคาเชื้อเพลิง ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิตไฟฟ้า ปัจจุบันกำหนดให้มีความหมายกว้างขึ้น คือ Energy Adjustment Charge ทั้งนี้เพื่อให้ครอบคลุมถึงปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต การจัดส่ง และการจำหน่ายไฟฟ้า ส่วนตัว t (Subscript) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงตามระยะเวลา เริ่มใช้ตั้งแต่ปี 2535 ในระยะแรกมีการปรับทุกเดือน ปัจจุบันจะทำการปรับ 4 เดือนต่อครั้ง

6) ภาษีมูลค่าเพิ่มในอัตราร้อยละ 7

2.6 ประโยชน์ที่ได้รับ

ผลประโยชน์ที่จะได้รับจากโครงการอนุรักษ์พลังงานส่วนใหญ่มักจะพิจารณาถึงการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพียงอย่างเดียว ซึ่งในความเป็นจริงแล้วยังมีผลประโยชน์ในด้านอื่นๆ ที่ควรพิจารณาร่วมกันไปด้วย ดังต่อไปนี้

- ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ลดลง

การลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานซึ่งเป็นต้นทุนหนึ่งของงานบริการนั้น เป็นผลประโยชน์ที่จะได้รับโดยตรงจากโครงการอนุรักษ์พลังงาน และเป็นจุดประสงค์หลักในการดำเนินการ โครงการบางโครงการอาจทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลงมาก จนกระทั่งฝ่ายบริหารเห็นสมควรให้ดำเนินการโครงการได้ทันที แต่สำหรับบางโครงการค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเพียงอย่างเดียวอาจไม่มากพอที่จะจูงใจฝ่ายบริหารได้ จึงจำเป็นที่จะต้องพิจารณาผลประโยชน์ที่จะได้รับในด้านอื่นๆ ประกอบกันไปด้วย

- การใช้แรงงานที่ลดลง

เครื่องจักรที่ได้รับการปรับปรุงใหม่ หรืออุปกรณ์ประหยัดพลังงานที่ติดตั้งใหม่ส่วนใหญ่มักจะลดความต้องการคนควบคุม หรือคนดูแลรักษาได้ ซึ่งเป็นผลให้ต้นทุนด้านแรงงานลดลงรวมทั้งสามารถจัดกำลังคนไปเสริมในส่วนอื่นๆที่จำเป็นได้

- ประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ดีขึ้น

การปรับปรุงเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ ให้มีประสิทธิภาพดีขึ้นจะมีประโยชน์ที่จะได้ตามมาหลายประการ เช่น ประหยัดพลังงานมากขึ้น ลดการควบคุมด้วยคนลง ตลอดจนความต้องการการบำรุงรักษาที่ลดลงซึ่งทำให้ลดแรงงาน และลดความถี่ในการเปลี่ยนชิ้นส่วนอะไหล่ลงได้ เป็นต้น

- คุณภาพการบริการที่ดีขึ้น

ผลของค่าใช้จ่ายที่ลดลงจะทำให้องค์กรสามารถเสริมความรู้ หรือเพิ่มการบริการที่ดีต่อลูกค้าได้อีก ทำให้สามารถแข่งขันกับคู่แข่งได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.7 กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน[7]

2.7.1 พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม 2550)

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 3 เมษายน 2535 ซึ่งมุ่งเน้นที่จะส่งเสริมสนับสนุนให้ผู้ประกอบการธุรกิจ ที่มีการใช้พลังงานมาก ประกอบด้วยภาคอุตสาหกรรมการผลิตและการบริการต่าง ๆ มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ที่ผ่านมาได้ออกพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมขึ้นมาในปี พ.ศ. 2535 และปี พ.ศ. 2540 ตามลาดับ เพื่อกำหนดว่ากลุ่มเป้าหมายใดที่จะต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามที่กฎหมายกำหนด รวมทั้งการออกกฎกระทรวง ประกาศกระทรวงต่าง ๆ ซึ่งที่ผ่านมาได้ประกาศใช้เป็นเวลานานแล้ว และเพื่อให้เหมาะสมกับสภาวการณ์ที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน จึงได้มีการแก้ไขเพิ่มเติมพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ขึ้น ซึ่งจะมีผลใช้บังคับวันที่ 1 มิถุนายน 2551 การแก้ไขในครั้งนี้เป็นการแก้ไขและยกเลิกข้อความโดยใช้ข้อความใหม่เพียงบางมาตราและเพิ่มเติมบทบัญญัติขึ้นมาใหม่ในบางส่วน ไม่ได้มีการแก้ไขหรือยกเลิกเนื้อความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ทั้งฉบับ เพื่อให้ทันสมัยและสอดคล้องกับภาวะเศรษฐกิจในปัจจุบันรวมถึงลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็น โดยนำรายละเอียดไปกำหนดไว้ในกฎกระทรวงเพื่อง่ายต่อการปรับปรุงแก้ไขในอนาคต

2.7.2 แนวทางการปฏิบัติพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 (ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550)

1. ลักษณะของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ผู้ที่อยู่ภายใต้กฎหมายฉบับนี้ มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 นั้นจะถูกเรียกว่า **“อาคารควบคุม”** หรือ **“โรงงานควบคุม”** แล้วแต่กรณี โดยจะเน้นไปที่อาคารและโรงงานที่มีการใช้พลังงานในปริมาณที่มากและมีศักยภาพในการอนุรักษ์พลังงาน โดยประกาศออกมาเป็นพระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุมมาใช้บังคับอาคารหรือโรงงานที่เข้าข่ายเป็นอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมนั้น ต้องมีลักษณะการใช้พลังงานอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้

1) ได้รับอนุมัติจากผู้จำหน่ายไฟฟ้าให้ ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือติดตั้งหม้อแปลงตัวเดียวหรือหลายตัวรวมกันขนาดตั้งแต่ 1,175 กิโลโวลท์แอมแปร์ขึ้นไปหรือ

2) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า ความร้อนจากไอน้ำ หรือพลังงานสิ้นเปลือง อย่างใดอย่างหนึ่งรวมกันตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม ถึงวันที่ 31 ธันวาคมของปีที่ผ่านมา มีปริมาณพลังงานเทียบเท่าพลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ 20 ล้านเมกะจูลขึ้นไป

พระราชกฤษฎีกากำหนดอาคารควบคุม และพระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม นี้มีผลบังคับใช้แล้วตั้งแต่วันที่ 12 ธันวาคม 2538 และวันที่ 17 กรกฎาคม 2540 ตามลำดับ ดังนั้นอาคารหรือโรงงานที่มีการใช้พลังงานดังกล่าวข้างต้น ต้องเริ่มดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามที่กฎหมายกำหนดไว้ สำหรับโรงงานหรืออาคารใด ๆที่มีลักษณะการใช้พลังงานตามเกณฑ์ที่กำหนดในพระราชกฤษฎีกาฯ หลังวันที่มีผลบังคับใช้แล้ว จะมีผลเป็นอาคารควบคุมหรือโรงงานควบคุมในทันที

2. หน้าที่ของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม

ในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้กำหนดให้ผู้ที่เป็นเจ้าของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม มีหน้าที่ต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานดังต่อไปนี้

1) จัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีคุณสมบัติและจำนวนตามที่กำหนดในกฎกระทรวงภายในเวลาที่กำหนด

2) ต้องดำเนินการจัดให้มีการอนุรักษ์พลังงานตามมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการการจัดการพลังงานที่กำหนดในกฎกระทรวง (พ.ศ.2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 ในกฎกระทรวงนี้

"อาคารเก่า" หมายความว่า อาคารที่ได้ก่อสร้างแล้วเสร็จหรือกำลังก่อสร้างหรือยังไม่ได้ก่อสร้างแต่ได้ยื่นขออนุญาตก่อสร้างไว้ก่อนวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุมตามมาตรา ๑๘ มีผลใช้บังคับ

"อาคารใหม่" หมายความว่า อาคารที่ยื่นขออนุญาตก่อสร้างหลังวันที่พระราชกฤษฎีกากำหนดให้อาคารนั้นเป็นอาคารควบคุมตามมาตรา ๑๘ มีผลใช้บังคับ

ซึ่งเป็นการกำหนดมาตรฐานในเรื่องของค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของอาคาร (OTTV,RTTV) หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศ

(๑) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาอาคาร ทั้งอาคารใหม่และอาคารเก่าจะต้องมีค่าไม่เกิน 25 วัตต์ต่อตารางเมตรของหลังคา

(๒) ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังด้านนอกของอาคาร หรือส่วนของอาคารที่มีการปรับอากาศจะต้องมีค่าดังต่อไปนี้

(ก) สำหรับอาคารใหม่ ไม่เกินกว่า 45 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

(ข) สำหรับอาคารเก่า ไม่เกินกว่า 55 วัตต์ต่อตารางเมตรของผนังด้านนอก

การใช้พลังงานในอาคาร

การใช้ไฟฟ้าส่องสว่างในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถ

(๑) ในกรณีที่มีการส่องสว่างด้วยไฟฟ้าในอาคาร จะต้องให้ได้ระดับความส่องสว่างสำหรับงานแต่ละประเภทอย่างเพียงพอตามหลักและวิธีการที่ยอมรับได้ทางวิศวกรรม

(๒) อุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับใช้ส่องสว่างภายในอาคารโดยไม่รวมพื้นที่ที่จอดรถจะต้องใช้กำลังไฟฟ้าไม่เกินค่าดังต่อไปนี้

ประเภทอาคาร [๑]	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด (วัตต์ต่อตารางเมตรของพื้นที่ใช้งาน)
(ก) สำนักงาน โรงแรม สถานศึกษาและโรงพยาบาล/ สถานที่พักฟื้น	๑๖
(ข) ร้านขายของ ซุปเปอร์มาเกต หรือศูนย์การค้า [๒]	๒๓

[๑] อาคารที่มีการใช้งานหลายลักษณะให้ใช้ค่าในตารางตามลักษณะพื้นที่ใช้งาน

[๒] รวมถึงไฟฟ้าแสงสว่างทั่วไปที่ใช้ในการโฆษณาเผยแพร่สินค้า ยกเว้นที่ใช้ในตู้กระจกแสดงสินค้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ที่มา : กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

มาตรฐานการปรับอากาศในอาคาร

ระบบปรับอากาศที่ติดตั้งในอาคารจะต้องมีค่าพลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น ที่ภาระเต็มพิกัด (full load) หรือที่ภาระใช้งานจริง (actual load) ไม่เกินกว่าค่าตามตารางดังต่อไปนี้

(๑) เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน ๒๕๐ ตันความเย็น	๐.๗๕	๐.๙๐
ขนาดเกินกว่า ๒๕๐ ตันความเย็น ถึง ๕๐๐ ตันความเย็น	๐.๗๐	๐.๘๔
ขนาดเกินกว่า ๕๐๐ ตันความเย็น	๐.๖๗	๐.๘๐
ข. ส่วนทำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน ๓๕ ตันความเย็น	๐.๙๘	๑.๑๘
ขนาดเกินกว่า ๓๕ ตันความเย็น	๐.๙๑	๑.๑๐
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit)	๐.๘๘	๑.๐๖
ง. ส่วนทำน้ำเย็นแบบสกรู (screw chiller)	๐.๗๐	๐.๘๔

ที่มา : กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ
การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

(๒) เครื่องทำความเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ

ชนิดส่วนทำความเย็น/เครื่องทำความเย็น	อาคารใหม่ (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)	อาคารเก่า (กิโลวัตต์ต่อตันความเย็น)
ก. ส่วนทำน้ำเย็นแบบหอยโข่ง (centrifugal chiller)		
ขนาดไม่เกิน ๒๕๐ ตันความเย็น	๑.๔๐	๑.๖๑
ขนาดเกินกว่า ๒๕๐ ตันความเย็น	๑.๒๐	๑.๓๘
ข. ส่วนทำน้ำเย็นแบบลูกสูบ (reciprocating chiller)		
ขนาดไม่เกิน ๕๐ ตันความเย็น	๑.๓๐	๑.๕๐
ขนาดเกินกว่า ๕๐ ตันความเย็น	๑.๒๕	๑.๔๔
ค. เครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด (package unit)	๑.๓๗	๑.๕๘
ง. เครื่องทำความเย็นแบบติดหน้าต่าง/แยกส่วน (window/split type)	๑.๔๐	๑.๖๑

ที่มา : กฎกระทรวง (พ.ศ. 2538) ออกตามความในพระราชบัญญัติ
การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

3) ส่งรายงานผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้ พพ. ภายในเดือนมีนาคมของทุกปี โดยต้องได้รับการตรวจสอบและรับรองงานจากผู้ตรวจสอบพลังงานที่ได้รับอนุญาตจาก พพ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 3
กรณีศึกษา

ในบทนี้จะเป็นการรายงานข้อมูลที่ได้จากรายงานการจัดการพลังงานประจำปี พ.ศ.2554 - พ.ศ.2556 ของอาคารศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา โดยมีการลำดับข้อมูลเป็น 2 ส่วนได้แก่ 1.ข้อมูลอาคาร ประกอบด้วย ลักษณะอาคาร และรายละเอียดการใช้งานอาคาร 2.ข้อมูลการดำเนินงานอนุรักษ์พลังงาน ประกอบด้วย มาตรการประหยัดพลังงาน แผนการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน และผลการดำเนินงาน โดยการนำเสนอข้อมูลอาคารศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา ตามลำดับดังนี้

1. ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์
2. ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่
3. ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์
4. ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค
5. ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์
6. ศูนย์การค้าสยามพารากอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.1 ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

3.1.1 ข้อมูลอาคาร

ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ หรือศูนย์การค้าสยาม ตั้งอยู่ริมถนนพระรามที่ 1 เลขที่ 979 ถนน พระรามที่ 1 แขวงปทุมวัน เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 ดำเนินงานโดย บริษัท สยามพิวรรธน์ จำกัด เปิดบริการเมื่อปี พ.ศ. 2516 โดยมีการปรับปรุงเป็นจำนวน 4 ครั้ง ครั้งสุดท้าย เมื่อปี พ.ศ. 2555 และเปิดให้บริการอย่างเป็นทางการในวันที่ 11 มกราคม 2556

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 3.1 ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

ลักษณะและรายละเอียดการใช้งานอาคาร

ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ประกอบด้วย 1 อาคาร จำนวน 4 ชั้น พื้นที่รวม 40,259 ตารางเมตร เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่แบบพิเศษเฉพาะ (Specially Shopping Center) ซึ่งไม่มีร้านแบ่งตามแผนก (Department Store) เปิดใช้อาคาร เวลา 10.00 – 22.00 น. ทุกวัน โดยแต่ละชั้นจัดแบ่งดังนี้ ชั้น 1 Fashion Avenue ซึ่งประกอบด้วย ร้านแบรนด์ดังระดับโลก ในพื้นที่ร้านขนาดใหญ่ ตกแต่งพื้นที่ในลุกส์โปร่ง สบายตา ฟรีฟอร์ม อาทิ การใช้กระจกหรืออาครีลิกใสทรงโค้งเหลี่ยมในการตกแต่งหน้าร้าน เปิดพื้นที่ทางเดินให้โล่งกว้าง ชั้น 2 Fashion Galleria พื้นที่ของอินเตอร์แบรนด์เสื้อผ้า และแอ็คเซสเซอรี่ ทั้งกลุ่มแฟชั่น และกลุ่มคอสเมติก มีการจัดพื้นที่แบบคอนเซ็ปท์ช็อป (Concept Shop) ซึ่งทุกร้านค้าออกแบบการตกแต่งร้านสุดทันสมัยในลุกส์โทนสีขาวดำการตกแต่งของร้านค้าคอนเซ็ปท์ช็อปได้รับการสร้างสรรค์ด้วยรูปทรงแปลกตา ชั้น 3 Fashion Visionary ศูนย์

รวมแบรนด์ดีไซเนอร์ไทยชั้นนำ นำเสนอความเป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัว การตกแต่งบริเวณชั้น 3 จะเป็นแนวออร์แกนิคลุกส์ ใช้วัสดุตกแต่งด้วยไม้ เหล็ก และทองแดง ชั้น 4 Food Factory แหล่งภัตตาคาร ร้านอาหารนานาชาติ รวบรวมร้านเด็ดจานดังมากมายท่ามกลางบรรยากาศแปลกใหม่

ตารางที่ 3.1 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

ศูนย์การค้า	เวลาการใช้อาคาร	ชั้น	ประกอบธุรกิจ
ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์	10.00 - 22.00 น.	ชั้น 1	Fashion Avenue
		ชั้น 2	Fashion Galleria พื้นที่ของอินเตอร์แบรนด์เสื้อผ้าและแอ็คเซสเซอรี่ทั้งกลุ่มแฟชั่นและกลุ่มคอสเมติก
		ชั้น 3	Fashion Visionary ศูนย์รวมแบรนด์ดีไซเนอร์ไทยชั้นนำ
		ชั้น 4	Food Factoryแหล่งแฮงค์เอ้าท์สุดฮิปแห่งใหม่ใจกลางเมือง

3.1.2 ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ได้ดำเนินการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการ และแผนดำเนินการประหยัดพลังงานต่อไป ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าศูนย์การค้าได้มีการกำหนดมาตรการ และแผนดำเนินการประหยัดพลังงาน ดังนี้

ปี พ.ศ.2554 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น โดยดำเนินการปรับระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติควบคุมระบบแสงสว่างบริเวณโดยรอบอาคารให้ปิดเร็วขึ้น 1 ชั่วโมงทุกวันจันทร์ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 811.67 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER สูง ทดแทนของเดิมที่มีการใช้งานมากกว่า 15 ปี จำนวน 6 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 15,618.02 kwh/ปี และมีเงินลงทุน 210,255 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.07 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2555 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น โดยดำเนินการปรับระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติควบคุมระบบแสงสว่างบริเวณโดยรอบอาคารให้ปิดเร็ว 2 ชั่วโมงทุกวันจันทร์ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 2,164.45 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบรวมศูนย์ (Chiller) โดยการเปลี่ยนเครื่องขนาด 300 ตัน จำนวน 1 เครื่อง ทดแทนของเดิมที่มีการใช้งานมากกว่า 20 ปี ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 271,998.00 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 6,955,000.00 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.04 Kwh/ปี

3. มาตรการเปลี่ยนโคมไฟฟ้า LED แทนโคมไฟฟ้า CFL โดยการเปลี่ยนโคมไฟฟ้าพื้นที่ส่วนกลาง จำนวน 2,800 โคม ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 343,392.00 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 7,000,000.00 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.05 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 10 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น โดยดำเนินการปรับตั้งระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติควบคุมระบบแสงสว่างบริเวณโดยรอบอาคารให้ปิดเร็วขึ้น 1 ชั่วโมงทุกวันจันทร์ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 815.36 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการปรับเวลาเปิด-ปิด AHU โดยดำเนินการปรับเปลี่ยนเวลาเปิด-ปิดเครื่องส่งลมเย็น (AHU/FCU) ส่วนกลางให้เหมาะสมตามฤดูกาล ในฤดูฝน และฤดูหนาว จะปรับเวลาเปิดเครื่องให้ช้า

กว่าปกติ 30 นาที ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 23,713.55 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

3. มาตรการปรับเวลาเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยดำเนินการปรับเวลาเปิด/ปิด และการทำงานของระบบ Chiller Plant ให้เหมาะสมกลับโหลดความเย็น และช่วงเวลา/ฤดูกาล จะปรับเวลาเปิดเครื่องให้ช้ากว่าปกติ 40 นาที ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 498,025.16 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

4. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยการติดตั้งระบบ Energy Optimization สำหรับควบคุมภาระการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น ให้เหมาะสมกับโหลดความเย็น เพื่อลดการใช้พลังงาน ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 207,525.62 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 398,575.00 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.63 Kwh/ปี

5. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) โดยการเปลี่ยนหลอด LED ควบคุมความสว่างด้วย PIR sensor ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 24 หลอด โดยตั้ง Dimmer เหลือ 30 % กรณีไม่มีการเคลื่อนไหว และสว่าง 100 % กรณีมีการเคลื่อนไหวตามทางเดินบันไดหนีไฟ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 6,998.86 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 27,120.00 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.26 Kwh/ปี

6. มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยการปิด Air Split Type ในห้องหม้อแปลง ในช่วงเวลาหลังศูนย์ปิดให้บริการ จากเดิมใช้งาน 24 ชั่วโมง จำนวน 7 เครื่อง ลดเวลาการใช้งานลงเหลือ 12.5 ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 18,633.64 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

7. มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยการปรับเวลาการเปิด-ปิด เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนในห้องเครื่องลิฟท์ ปรับเวลาเปิด - ปิด จากเดิม 10:00 - 22:30 น. ปรับเป็น 10:00 - 22:00 น. ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 225.26 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

8. มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่อง (OAU) โดยการปรับเวลาการเปิด-ปิด OUTSIDE AIR UNIT ซึ่งจากเดิมเปิด-ปิดเวลา 10.00 – 22.30 น. เป็นเปิด-ปิดเวลา 10.00 – 20.00 น. มาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 47,199.31 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

9. มาตรการติดตั้งเครื่องจ่ายลมเย็น (AHU) แทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ในห้องหม้อแปลง เปิดใช้งานช่วงเวลา 10:00-22:00 น. ซึ่งมีน้ำเย็นจากระบบ Chiller Supply ให้ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 60,561.57

kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 1,746,000.00 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.03 Kwh/ปี

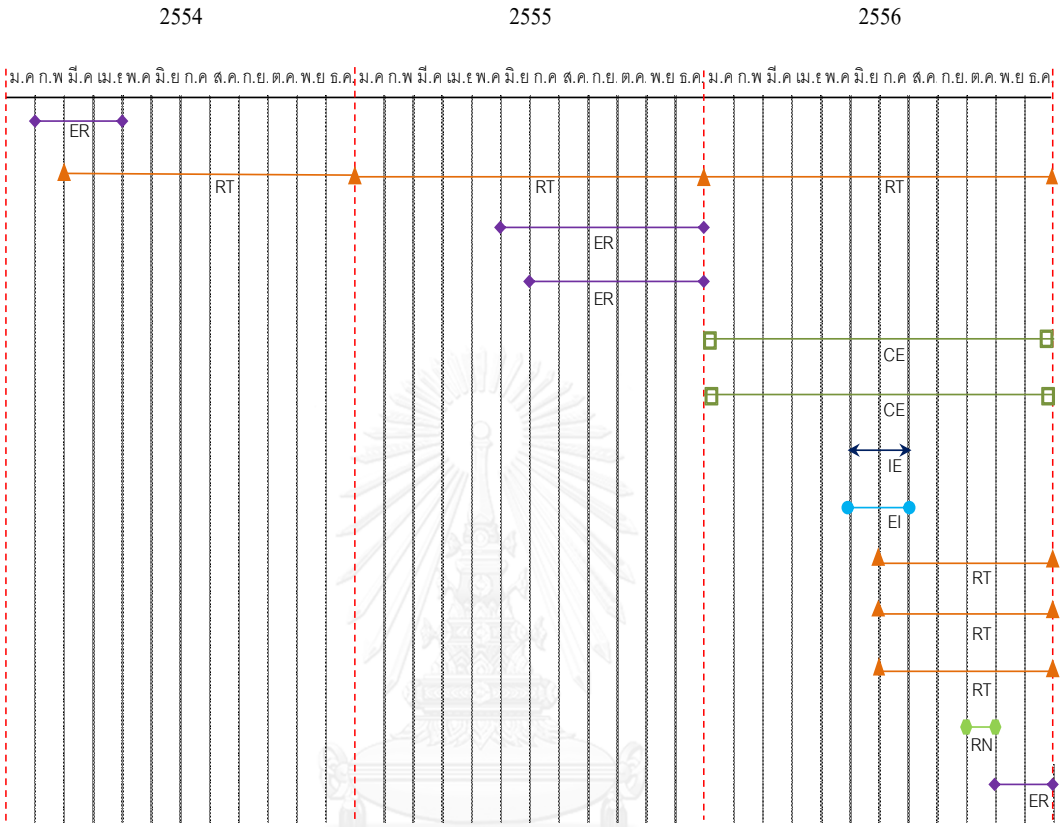
10. มาตรการแก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ โดยการแก้ไขวงจรไฟแสงสว่างทางเดินด้านหลังอาคาร จากวงจรเดิมติดสว่างทั้งหมด 57 โคม เวลา 17.45 - 06.00 น. เป็น 1.) วงจร Normal ติดสว่างทั้งหมด 38 โคม เวลา 17.45 - 22.30 น จากเดิม 17.45 - 06.00 น. 2.) วงจร Night Light ติดสว่างทั้งหมด 19 โคม เวลา 17.45 - 06.00 น ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 3,120.75 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

ปี	มาตรการ	รายละเอียดกิจกรรม	เงินลงทุน (บาท)	ประมาณการผลประหยัด (kwh/ปี)
2554	**เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบ** Split Type	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ ทดแทนของเดิมอายุใช้งานมากกว่า 15 ปี	210,255.00	15,618.02
	ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น	ปิดไฟแสงสว่างเร็วขึ้น 1 ชั่วโมง ทุกวันจันทร์		811.67
2555	**ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น**	ปิดไฟแสงสว่างเร็วขึ้น 2 ชั่วโมง ทุกวันจันทร์		2,164.45
	เปลี่ยนโคมไฟฟ้า LED **แทนโคมไฟฟ้า** CFL	เปลี่ยนโคมไฟ LED แทนโคมไฟ CFL จำนวน 2,800 ชุด	7,000,000.00	343,392.00
	เปลี่ยนเครื่อง Chiller	เปลี่ยนเครื่อง Chiller ขนาด 300 TON จำนวน 1 เครื่อง อายุใช้งาน 20 ปี	6,955,000.00	271,998.00
2556	**ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น**	ปิดไฟแสงสว่างเร็วขึ้น 1 ชั่วโมง ทุกวันจันทร์	-	815.36
	ปรับเวลาเปิด-ปิด AHU	ปรับเวลาในการเปิด-ปิด AHU ฤดูฝน/หนาวเปิดเครื่องช้าลง 30 นาที	-	23,713.55
	ปรับเวลาเปิด-ปิดเครื่อง Chiller	ปรับเวลาในการเปิด-ปิด ฤดูฝน/หนาวเปิดเครื่องช้าลง 40 นาที	-	498,025.16
	ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน Chiller	ติดตั้งระบบ chiller opitmizer ควบคุมเครื่อง chiller	398,575.00	207,525.62
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** FL	เปลี่ยนหลอด LED ควบคุมด้วย SENSORแทนหลอด FL จำนวน 24 หลอด	27,120.00	6,998.86
	ลดเวลาการใช้งานเครื่อง Split Type	ใช้งาน 24 ชั่วโมง จำนวน 4 เครื่อง และ 12.5 ชั่วโมง จำนวน 3 เครื่อง	-	18,633.64
	ลดเวลาการใช้งานเครื่อง Split Type	เดิมเปิดเวลา 10.00 - 22.30 น.ปรับเวลาเป็น เปิดเวลา 10.00 - 22.00	-	225.26
	ลดเวลาการใช้งานเครื่อง OAU	เปิดเวลา 09.00 - 22.00 น.ปรับเวลาเป็น เปิดเวลา 09.00 - 20.00	-	47,199.31
	แก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ	ปรับปรุงวงจรแสงสว่าง เป็น 2 วงจร	-	3,120.75
	เปลี่ยนเครื่อง AHU **แทนเครื่อง** Split Type	ติดตั้งเครื่อง AHU จำนวน 7 เครื่อง เปิดใช้งานเวลา 10.00 - 22.00 น.	1,746,000.00	60,561.57

ตารางที่ 3.3 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2556 ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ

ปรับแต่งการทำงาน — CE (Customization Equiment)

ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร — IE (Improve Equiment)

ลดจำนวนการใช้งาน — RN (Reduce The Number)

ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม — EI (Equiment Installation)

ลดเวลาการใช้งาน — RT (Reduce Time)

เปลี่ยนทดแทน — ER (Equiment Replacement)

3.2 ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่

3.2.1 ข้อมูลอาคาร

ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ เปิดตัวเมื่อเมษายน 2540 ในช่วงวิกฤตเศรษฐกิจ ตั้งอยู่บริเวณสี่แยกปทุมวัน เป็นศูนย์การค้าภายใต้แนวคิด "Lifestyle shopping" ในแต่ละชั้นจะนำเสนอสินค้าประเภทเดียวหรือแนวคิดเดียว (One Floor One Concept) ซึ่งเป็นต้นแบบให้กับเอ็มโพเรี่ยม และสยามพารากอน ตั้งอยู่เลขที่ 989 อาคารสยามทาวเวอร์ ถนนพระราม 1 ปทุมวัน กรุงเทพ 10330 ปัจจุบันอาคารมีอายุ 18 ปี

ภาพที่ 3.2 ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่

ลักษณะและรายละเอียดการใช้งานอาคาร

ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ประกอบด้วย 2 อาคาร จำนวน 35 ชั้น และ 8 ชั้นตามลำดับ พื้นที่รวม 50,583 ตารางเมตร เป็นอาคารสูงและอาคารใหญ่พิเศษ เปิดใช้อาคาร เวลา 10.00 – 22.00 น. ทุกวัน โดยแต่ละชั้น จัดแบ่งดังนี้ ชั้น 1 Lifestyle Parade รวมสินค้าแฟชั่นเสื้อผ้าแบรนด์เนมจากทั่วโลก ที่มีลักษณะเฉพาะ ชั้น 2 Beyond the Horizon แฟชั่นเสื้อผ้า เครื่องประดับ คอสเมติกส์ เฉพาะสำหรับคนทำงาน และร้านอาหารชื่อดัง ได้แก่ โออิชิ แกรนด์ และเอ้าท์แบค สเต็กเฮาส์ ชั้น 3 Men’s Tech โลกของผู้ชาย ทั้งกีฬา งานอดิเรก และเทคโนโลยี ชั้น 4-5 ร้านสินค้าที่มีดีไซน์

เฉพาะตัว ชั้น 6 สำนักงานและสตูดิโอแชนแนลวีไทยแลนด์ ชั้น 6-7 พิพิธภัณฑ์หุ่นขี้ผึ้งมาดามทุซโซต์ กรุงเทพ ชั้น 8 ไอซ์ แพลเน็ต ลานสเก็ตน้ำแข็ง และมัลติเพอร์โพส ฮอลล์

ตารางที่ 3.5 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอร์รี่

ศูนย์การค้า	เวลาการใช้อาคาร	ชั้น	ประกอบธุรกิจ
ศูนย์การค้าสยามดิสคัพเวอรี่	10.00 - 22.30 น.	ชั้น 1	Lifestyle Parade รวมสินค้าแฟชั่นเสื้อผ้าแบรนด์เนมจากทั่วโลก ที่มีลักษณะเฉพาะไม่เหมือนใคร
		ชั้น 2	Beyond the Horizon แฟชั่นเสื้อผ้า เครื่องประดับ คอสเมติกส์ เฉพาะสำหรับคนทำงาน และร้านอาหารชื่อดัง ได้แก่ โออิชิ แกรนด์ และเอ้าท์แบค สเต็กเฮาส์
		ชั้น 3	Men's Tech โลกของผู้ชาย ทั้งกีฬา งานอดิเรก และเทคโนโลยี
		ชั้น 4-5	ชั้น 4-5 ร้านสินค้าที่มีดีไซน์เฉพาะตัว
		ชั้น 6-7	ชั้น 6 สำนักงานและสตูดิโอแชนแนลวีไทยแลนด์
		ชั้น 7	ชั้น 6-7 พิพิธภัณฑ์หุ่นขี้ผึ้งมาดามทุซโซต์ กรุงเทพ
		ชั้น 8	ชั้น 8 ไอซ์ แพลเน็ต ลานสเก็ตน้ำแข็ง และมัลติเพอร์โพส ฮอลล์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3.2.2 ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ได้มีการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการและแผนดำเนินการประหยัดพลังงานต่อไป ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าศูนย์การค้าได้มีการกำหนดมาตรการและแผนดำเนินการประหยัดพลังงาน ดังนี้

ปี พ.ศ.2554 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น โดยดำเนินการปรับตั้งระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติควบคุมระบบแสงสว่างบริเวณโดยรอบอาคารปิดให้เร็วขึ้น 2 ชั่วโมงทุกวันจันทร์ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 2,666.50 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการเปลี่ยนโคม LED แทนโคม Metal Halide โดยการเปลี่ยนชนิดโคมไฟแสงสว่างส่องอาคาร เดิมใช้โคมไฟชนิด Metal Halide ซึ่งใช้พลังงานสูงถึง 2,000 วัตต์ มาเป็นการใช้โคม LED ขนาด 300 วัตต์ ทดแทน ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 23,856.40 kwh/ปี และเงินลงทุนโครงการ 648,000 บาท 0.04 Kwh/ปี โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.03 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2555 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 6 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น โดยดำเนินการปรับตั้งระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติควบคุมระบบแสงสว่างบริเวณโดยรอบอาคารปิดให้เร็วขึ้น 1 ชั่วโมงทุกวันจันทร์ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 1,333 kwh/ปี ไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการเปลี่ยนโคม LED แทนโคม Metal Halide โดยการเปลี่ยนชนิดโคมไฟแสงสว่างส่องบริเวณลานน้ำพุ เดิมใช้โคมไฟชนิด Metal Halide ซึ่งใช้พลังงานสูงถึง 2,500 วัตต์ มาเป็นการใช้โคม LED ขนาด 300 วัตต์ ทดแทน ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 15,899.40 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 312,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.05 Kwh/ปี

3. มาตรการเปลี่ยนขนาดโคม Metal Halide โดยการเปลี่ยนขนาดโคมไฟ Metal Halide จากขนาด 150 วัตต์ เป็นขนาด 70 วัตต์ บริเวณพื้นที่ส่วนกลาง จำนวน 185 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 59,422 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 294,150 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.20 Kwh/ปี

4. มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) โดยการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศที่มีค่า EER สูง ทดแทนของเดิมที่มีการใช้งานมากกว่า 10 ปี จำนวน 6 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 26,113.56 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 216,900 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.12 Kwh/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์เครื่องส่งลมเย็น (FCU) โดยการเปลี่ยนมอเตอร์เครื่องส่งลมเย็นในพื้นที่ส่วนกลาง จำนวน 20 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 28,908.40 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 250,200 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.12 Kwh/ปี

6. มาตรการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสีย โดยการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่มีเทคโนโลยีที่ทันสมัย ขนาด 10 KW ทดแทนระบบเดิม ขนาด 30 KW ที่มีการใช้งานมากกว่า 10 ปี ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 182,894.20 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 3,800,000 โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.05 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 4 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) โดยการเปลี่ยนหลอด LED ควบคุมความสว่างด้วย PIR sensor ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ ในบันไดหนีไฟหมายเลข 1 จำนวน 100 หลอด โดยตั้ง Dimmer เหลือ 30 % กรณีไม่มีการเคลื่อนไหว และสว่าง 100 % กรณีมีการเคลื่อนไหวตามทางเดินบันไดหนีไฟ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 14,688 kwh/ปี และบันไดหนีไฟหมายเลข 2 จำนวน 70 หลอด โดยตั้ง Dimmer เหลือ 30 % กรณีไม่มีการเคลื่อนไหว และสว่าง 100 % กรณีมีการเคลื่อนไหวตามทางเดินบันไดหนีไฟ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 12,700.80 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 79,100 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.16 Kwh/ปี

2. มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยดำเนินการปิด AHU ส่วน กลาง เมื่อไม่มีผู้เช่า ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 7,335 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

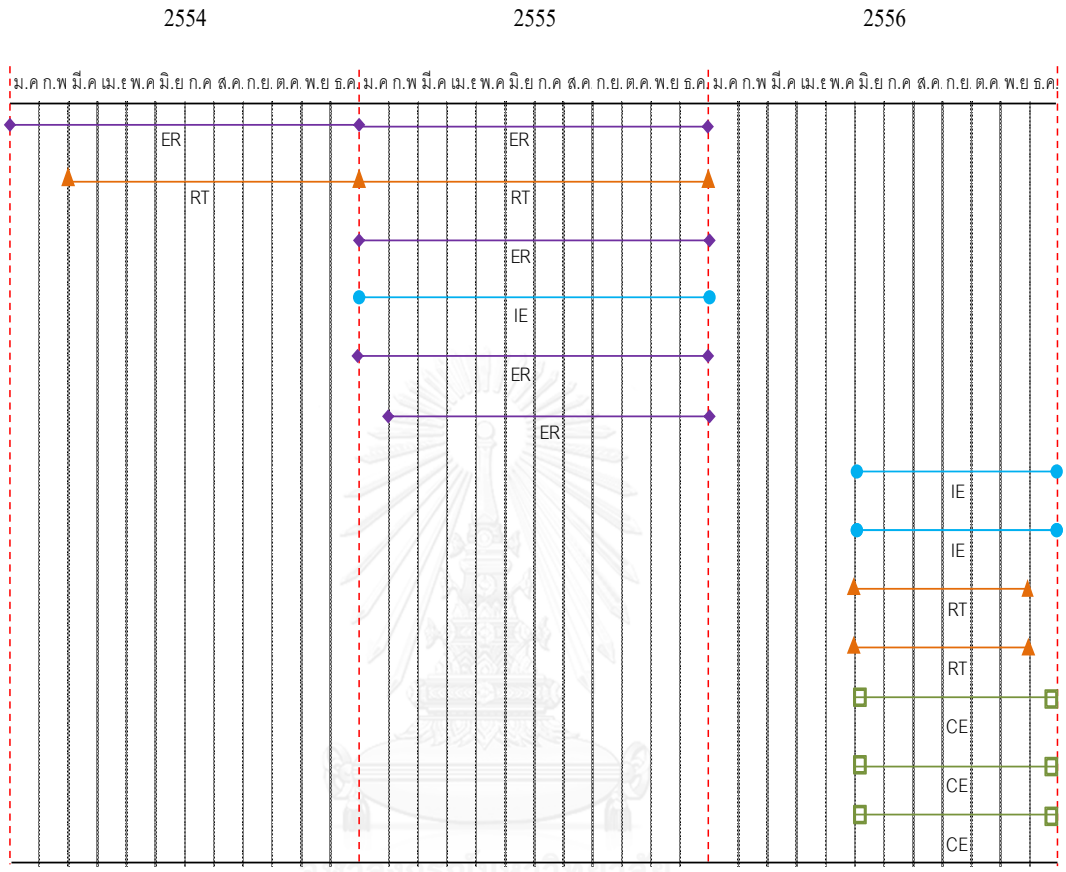
3. มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องระบายอากาศ (Exhaust) ในส่วนพื้นที่ของร้านค้า โดยดำเนินการปิดก่อนเวลา 1 ชั่วโมง และเปิดช้า 1 ชั่วโมง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 20,603 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

4. มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น 1-2 องศา ในช่วงฤดูฝนและฤดูหนาว โดยใช้ระบบ Chiller Optimizer ควบคุมการทำงาน ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 118,165 - 194,345 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

ตารางที่ 3.6 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่

ปี	มาตรการ	รายละเอียดกิจกรรม	เงินลงทุน (บาท)	ประมาณการผลประหยัด (kwh/ปี)
2554	**เปลี่ยนโคม** LED **แทนโคม** Metal Halide	ปลี่ยนโคมไฟ LED แทนโคมไฟ Metal Halide ไฟส่องอาคาร จำนวน 54 ชุด	648,000.00	23,856.40
	ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น	ปิดไฟแสงสว่างพื้นที่รอบนอกอาคาร 2 ชั่วโมง จำนวน 254 หลอด	-	2,666.50
2555	**ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น**	ปิดไฟแสงสว่างพื้นที่รอบนอกอาคาร 1 ชั่วโมง จำนวน 254 หลอด	-	1,333.00
	เปลี่ยนโคม LED **แทนโคม** Metal Halide	เปลี่ยนโคมไฟ LED 300 วัตต์ แทนโคมไฟ Metal Halide ขนาด 2500 วัตต์ จำนวน 6 โคม บริเวณน้ำพุรอบนอก	312,000.00	15,899.40
	เปลี่ยนโคม Metal Halide **(ขนาด)**	เปลี่ยนโคมไฟ Metal Halide ขนาด 70 วัตต์ แทน 150 วัตต์ จำนวน 185 ชุด	294,150.00	59,422.00
	เปลี่ยนมอเตอร์ FCU	เปลี่ยนมอเตอร์ FCU จำนวน 20 ชุด ขนาด 3-5 ton	250,200.00	28,908.40
	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type	เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ เป็นเบอร์ 5 จำนวน 6 ชุด อายุ 10 ปี	216,900.00	26,113.56
	เปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสีย	จากระบบเดิม 30 KWลดลงเหลือ 10 KW อายุ 15 ปี	3,800,000.00	182,894.20
2556	**เปลี่ยนหลอด** LED **แทนหลอด** FL	หลอด LED แทนหลอด FL ในบันได NO.1 จำนวน 100 ชุด	79,100.00	12,700.80
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** FL	หลอด LED แทนหลอด FL ในบันได NO.2 จำนวน 70 ชุด	84,000.00	14,688.00
	ลดเวลาการใช้งานเครื่อง AHU	เปิด-ปิด AHU เร็วขึ้น 20 - 30 นาที	-	7,335.00
	ลดเวลาการใช้งานเครื่อง Exhaust	เปิด-ปิด EXHAUST ช้าลง 1 ชั่วโมง และ ปิดเร็วขึ้น 1 ชั่วโมง	-	20,603.00
	ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่อง Chiller	ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น 1 องศา โดยใช้ระบบ chiller optimizer	-	118,165.00
	ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่อง Chiller	ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น 1 องศา โดยใช้ระบบ chiller optimizer	-	142,884.00
	ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่อง Chiller	ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น 2 องศา โดยใช้ระบบ chiller optimizer	-	194,345.00

ตารางที่ 3.7 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2556 ศูนย์การค้าสยาม สยามดิสคัฟเวอรี่



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ

ปรับแต่งการทำงาน

CE (Customization Equiment)

ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร

IE (Improve Equiment)

ลดจำนวนการใช้งาน

RN (Reduce The Number)

ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม

EI (Equiment Installation)

ลดเวลาการใช้งาน

RT (Reduce Time)

เปลี่ยนทดแทน

ER (Equiment Replacement)

3.3 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

3.3.1 ข้อมูลอาคาร

ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ตั้งอยู่หัวมุมถนนรัชดาภิเษก ติดถนนอโศก-ดินแดง เลขที่ 1,3,5,7 ถนนรัชดาภิเษก แขวงดินแดง เขตดินแดง กรุงเทพมหานคร 10400 เป็นศูนย์การค้า และศูนย์ไอที แบบครบวงจรแห่งเดียวบนถนนรัชดาภิเษก ภายใต้การบริหารงานของเครือเจริญโภคภัณฑ์ โดยมีแนวคิด "ศูนย์กลางแห่งวิวัฒนาการเทคโนโลยีชั้นสูง"

ปัจจุบันศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ได้แบ่งพื้นที่ในการบริหารงานใหม่ทั้งหมด โดยแบ่งได้เป็นดังนี้ IT Mall (70%) ศูนย์รวมร้านค้าไอที อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีครบวงจร และทันสมัยครบทุกการเชื่อมต่อ ร้านค้าจึงหลากหลายชั้น Food Mall (12%) ศูนย์รวมอาหาร และเครื่องดื่มรสเลิศหลากสไตล์ พร้อมบรรยากาศที่มีเอกลักษณ์ ส่วนผสมระหว่าง Inter Brand กับเอกลักษณ์เฉพาะตัวของรสชาติ และบริการ ลูกค้าจึงจะเห็น สินค้าที่โดดเด่นถึงรสชาติ และบริการ Lifestyle Mall (18%) ศูนย์รวมร้านค้าแฟชั่น สุขภาพ ความงาม สถาบันการศึกษา ความบันเทิง

ภาพที่ 3.3 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

ลักษณะและรายละเอียดการใช้งานอาคาร

ประกอบด้วย 1 อาคาร จำนวน 4 ชั้น โดยแต่ละชั้น จัดแบ่งดังนี้ ชั้น G ประกอบด้วย สถาบันการศึกษา ร้านอาหาร ซีเอ็ดบุ๊คเซ็นเตอร์ ชั้น 1 ประกอบด้วย เทสโก้ โลตัส ร้านไลฟ์สไตล์

อื่นๆ ล็อบบี้อาคารสำนักงาน และโรงแรมแกรนด์เมอร์เคียว ชั้น 2 ประกอบด้วย เทสโก้ โลตัส โซนมือถือ โซนกล้องดิจิตอล ชั้น 3 ประกอบด้วย โซนคอมพิวเตอร์ โซนเครื่องเสียง และมัลติมีเดีย ชั้น 4 ประกอบด้วย ไอทีซิตี้ โซนคอมพิวเตอร์ ศูนย์อาหาร โซนธนาคาร

ตารางที่ 3.9 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

ศูนย์การค้า	เวลาการใช้อาคาร	ชั้น	ประกอบธุรกิจ
ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์	10.00 - 22.00 น.	ชั้น G	สถาบันการศึกษา ร้านอาหาร ซีเอ็ดบุ๊คเซ็นเตอร์
		ชั้น 1	เทสโก้ โลตัส ร้านไลฟ์สไตล์อื่นๆ ล็อบบี้อาคารสำนักงาน และโรงแรมแกรนด์ เมอร์เคียว
		ชั้น 2	เทสโก้ โลตัส โซนมือถือ โซนกล้องดิจิตอล
		ชั้น 3	โซนคอมพิวเตอร์ โซนเครื่องเสียง และมัลติมีเดีย
		ชั้น 4	ไอทีซิตี้ โซนคอมพิวเตอร์ ศูนย์อาหาร โซนธนาคาร

3.3.2 ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ได้ดำเนินการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการ และแผนดำเนินการประหยัดพลังงานต่อไป ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าศูนย์การค้าได้มีการกำหนดมาตรการ และแผนดำเนินการประหยัดพลังงาน ดังนี้

ปี พ.ศ.2554 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการลดเวลาการใช้ลิฟท์โดยสาร โดยดำเนินการลดเวลาการเปิดใช้งานลิฟท์โดยสาร จำนวน 1 ตัว ในช่วงเวลา 22.00 – 06.00 น. ของทุกวัน เนื่องจากลิฟท์ดังกล่าวโดยปกติเปิดใช้งาน 24 ชั่วโมง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 20,849 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์เครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเครื่องส่งลมเย็นในพื้นที่ส่วนกลาง จำนวน 1 เครื่อง ขนาด 22 กิโลวัตต์ ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถ

ประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 16,417 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 35,080 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.47 Kwh/ปี

3. มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยการทำความสะอาดระบบโดยขบวนการดึงสนิม ความชื้น และกรดออกจากเครื่อง เนื่องจากใช้งานเป็นระยะเวลาเกือบ 20 ปี ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 574,391.57 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 480,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 1.20 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2555 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 10 วัตต์ ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ ในลิฟท์แก้ว จำนวน 16 หลอด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 2,116 kwh/ปี และมาตรการเปลี่ยนหลอด LED แบบเส้น ขนาด 14 วัตต์ ความยาว 100 เมตร ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 94 หลอด บริเวณไฟหลืบทางเดิน ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 13,315 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 36,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.37 Kwh/ปี

2. มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยการเดินกรดชักแซ่ล้างทำความสะอาดคอลย์ในเครื่องส่งลมเย็น จำนวน 14 เครื่อง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 713,475 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 548,650 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 1.30 Kwh/ปี

3. มาตรการเปลี่ยนหลอด Induction ทดแทนหลอด Metal Halide โดยการเปลี่ยนหลอด Induction ขนาด 150 วัตต์ ทดแทนหลอด Metal Halide ขนาด 250 วัตต์ จำนวน 40 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 33,215 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 364,468 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.09 Kwh/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 4 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น โดยดำเนินการปิดไฟ LED และไฟป้ายโฆษณาหน้าอาคารเร็วกว่าปกติ 1 ชั่วโมง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 31,783 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

2. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED ทดแทนหลอด Halogen โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 11 วัตต์ ทดแทนหลอด Halogen ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 68 หลอด บริเวณลานกิจกรรม ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 11,648 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 80,240 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.15 Kwh/ปี

3. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 18 วัตต์ ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ ในร้าน CP Fresh Mart จำนวน 47 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 7,982 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 56,400 บาท บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.14 Kwh/ปี

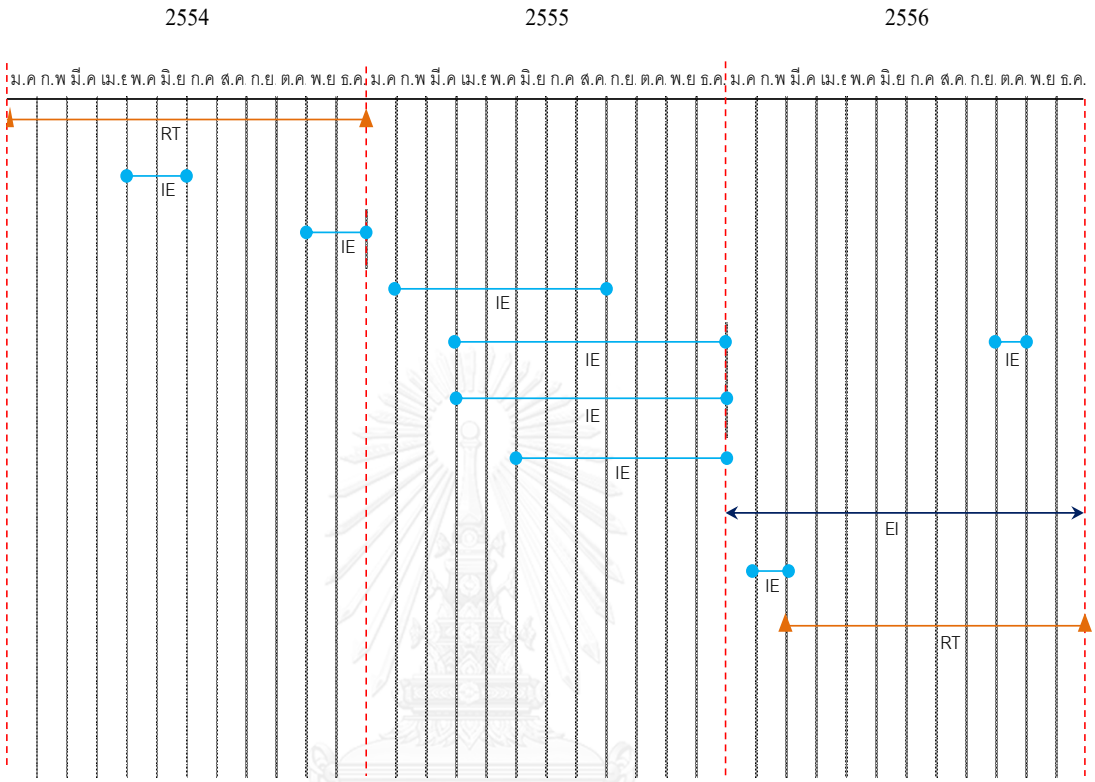
4. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Solar Cell โดยการติดตั้งอุปกรณ์ Solar Cell เพื่อใช้เป็นพลังงานในระบบแสงสว่างบริเวณจุดจอดรถจักรยาน หน้าทางลงรถไฟฟ้า MRT และหน้าสำนักงานชั้น 10 ขนาด 80 วัตต์ จำนวน 2 แผง ขนาด 130 วัตต์ จำนวน 3 แผง และขนาด 240 วัตต์ จำนวน 1 แผง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 2,085 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 54,300 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.04 Kwh/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.10 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

ปี	มาตรการ	รายละเอียดกิจกรรม	เงินลงทุน (บาท)	ประมาณการผลประหยัด (kwh/ปี)
2554	**ลดเวลาการใช้ลิฟท์โดยสาร**	ปิดลิฟท์โดยสาร จำนวน 1 เครื่องหลังศูนย์ปิด 22.00 - 6.00 น เดิมใช้งาน 24 hr	-	20,849.00
	เปลี่ยนมอเตอร์เครื่อง AHU	ใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ขนาด 22 kw จำนวน 1 เครื่อง	35,080.00	16,417.00
	ปรับปรุงประสิทธิภาพ Chiller	เปลี่ยนเครื่องทำความเย็น(Chiller) จำนวน 5 เครื่อง อายุ 20 ปี ทำความสะอาดระบบ ดึงสนิม ความชื้น ออกจากระบบน้ำยา	480,000.00	574,391.57
2555	**ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง** AHU	ทำความสะอาด coil เครื่อง AHU และเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด จำนวน 14 เครื่อง	548,650.00	713,475.00
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** FL **(ลิฟท์)**	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 10 วัตต์ แทนหลอดฟลูอเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 16 หลอด	15,840.00	2,116.00
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** FL **(แบบเส้น)**	เปลี่ยนหลอด LED แบบเส้น แทนหลอดฟลูอเรสเซนต์ ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 2 หลอด และ 36 วัตต์ จำนวน 94 หลอด	36,000.00	13,315.00
	เปลี่ยนหลอด Induction **แทนหลอด**Metal Halide	เปลี่ยนหลอด Induction ขนาด 150 จำนวน 24 หลอด และ 85 วัตต์ จำนวน 16 หลอด แทนหลอด Metal Halide ขนาด 250 วัตต์	364,468.00	33,215.00
2556	**ติดตั้งอุปกรณ์** Solar cell	ติดตั้งอุปกรณ์ Solar cell ขนาด 80,130,240 วัตต์ จำนวน 6 แผง จ่ายให้กับหลอด LED ขนาด 14 วัตต์ จำนวน 24 หลอด	54,300.00	2,085.00
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** Halogen	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 11 วัตต์ แทนหลอด Halogen ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 68 หลอด	80,240.00	11,648.00
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** FL	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 18 วัตต์ แทนหลอดฟลูอเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 47 ชุด ร้าน CP FM	56,400.00	7,982.00
	ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น	หลอด Metal Halide ขนาด 250 จำนวน 56 หลอด ,หลอด LED จำนวน 1,503 หลอด	-	31,783.00

ตารางที่ 3.11 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2556 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หมายเหตุ

ปรับแต่งการทำงาน	ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร
CE (Customization Equiment)	IE (Improve Equiment)
ลดจำนวนการใช้งาน	ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม
RN (Reduce The Number)	EI (Equiment Installation)
ลดเวลาการใช้งาน	เปลี่ยนทดแทน
RT (Reduce Time)	ER (Equiment Replacement)

3.4 ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

3.4.1 ข้อมูลอาคาร

ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ตั้งอยู่เลขที่ 61 ถนนศรีนครินทร์ แขวงประเวศ เขตประเวศ กรุงเทพฯ 10250 เดิม พาราไดซ์ พาร์ค เป็นศูนย์การค้าเสรีเซ็นเตอร์ ที่เปิดดำเนินการมาตั้งแต่ พ.ศ. 2538 จนเมื่อ พ.ศ. 2551 กลุ่มสยามพิวรรธ์ และกลุ่มเอ็มบีเค ได้เข้ามาบริหารศูนย์การค้า โดยเปลี่ยนภาพลักษณ์ชูจุดเด่นเป็นศูนย์การค้าระดับกลางถึงบนในเขตกรุงเทพตะวันออก

ภาพที่ 3.4 ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

ลักษณะและรายละเอียดการใช้งานอาคาร

ประกอบด้วยศูนย์การค้า และสำนักงาน จำนวน 5 ชั้น อาคารลานจอดรถ 10 ชั้น พื้นที่รวม 290,000 ตารางเมตร เปิดใช้อาคารทุกวัน โดยมีเวลาเปิด-ปิดศูนย์การค้า ได้แก่ วันจันทร์-วันพฤหัส เวลา 10.30 – 21.30 น. วันศุกร์ เวลา 10.30 – 22.00 น. วันเสาร์และวันหยุดนักขัตฤกษ์ เวลา 10.00 – 22.00 น. และวันอาทิตย์ เวลา 10.00 – 21.30 น. โดยแต่ละชั้นมีการจัดแบ่งดังนี้ ชั้น G ประกอบด้วย วิลล่ามาร์เก็ต ตลาดเสรีมาร์เก็ต ชั้น 1 ประกอบด้วย ห้างสรรพสินค้าโตคิว ลอฟท์ สปอร์ตสเวิลด์ โฮมโปร ชั้น 2 ประกอบด้วย ห้างสรรพสินค้าโตคิว โฮมโปร สินค้าไอที และอุปกรณ์โทรคมนาคมธนาคาร และสถาบันการเงิน ชั้น 3 ประกอบด้วย ร้านอาหารเอ็ดดูเทนเมนท์ เวิลด์โรง

ภาพยนตร์พาราไดซ์ ซีนีเพล็กซ์ ชั้น 4 ประกอบด้วย เอ็ดดูเทนเมนท์ เวิลด์ โรงภาพยนตร์พาราไดซ์ ซีนีเพล็กซ์ สำนักงาน โครงการ และสำนักงานสรรพากรพื้นที่กรุงเทพมหานคร 16

ตารางที่ 3.13 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

ศูนย์การค้า	เวลาการใช้อาคาร	ชั้น	ประกอบธุรกิจ
ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พารค์	10.00 - 21.30 น.	ชั้น G	ลล่ามาร์เก็ต ตลาดเสรีมาร์เก็ต
		ชั้น 1	ห้างสรรพสินค้าโตคิว ลอฟท์ สปอร์ตสเวิลด์ โฮมโปร
		ชั้น 2	ห้างสรรพสินค้าโตคิว โฮมโปร สินค้าไอทีและอุปกรณ์โทรคมนาคม ธนาคารและสถาบันการเงิน
		ชั้น 3	ร้านอาหารเอ็ดดูเทนเมนท์ เวิลด์โรงภาพยนตร์พาราไดซ์ซีนีเพล็กซ์
		ชั้น 4	เอ็ดดูเทนเมนท์ เวิลด์ โรงภาพยนตร์พาราไดซ์ซีนีเพล็กซ์ สำนักงานโครงการ และสำนักงานสรรพากรพื้นที่กรุงเทพมหานคร 16

3.4.2 ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ได้มีการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการ และแผนดำเนินการประหยัดพลังงานต่อไป ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าศูนย์การค้าได้มีการกำหนดมาตรการ และแผนดำเนินการประหยัดพลังงาน ดังนี้

ปี พ.ศ.2554 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการแก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ โดยดำเนินการแก้ไขวงจรแสงสว่างบริเวณทางเชื่อมระหว่างทางเข้าศูนย์กับลานจอดรถ โดยลดจำนวนหลอดไฟขนาด 45 วัตต์ เปิดตลอด 24 ชั่วโมง จำนวน 220 หลอด ลดเหลือ 105 หลอด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 60,444 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

ปี พ.ศ.2555 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Inverter โดยการติดตั้งอุปกรณ์ Inverter สำหรับควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ของเครื่องเติมอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง จำนวน 13 เครื่อง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 347,845 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 1,750,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.20 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า โดยดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า ขนาด 500 KVA จำนวน 2 เครื่อง และขนาด 160 KVA จำนวน 1 เครื่อง ที่ตู้เมนไฟฟ้าเพื่อปรับลดแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 285,240 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 2,716,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.10 Kwh/ปี

2. มาตรการลดจำนวนหลอดไฟ โดยดำเนินการถอดหลอดไฟอาคารลานจอดรถออก 1 ใน 4 ส่วน (เดิม 2,840 หลอด ถอดออก 764 หลอด) ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 63,205.10 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

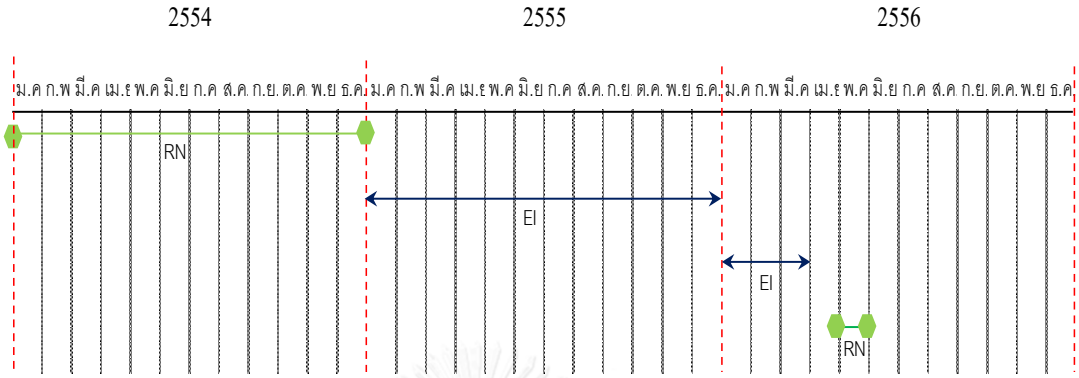
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.14 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

ปี	มาตรการ	รายละเอียดกิจกรรม	เงินลงทุน (บาท)	ประมาณการผลประหยัด (kwh/ปี)
2554	**แก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ**	ลดจำนวนหลอดทางเชื่อมลานจอดรถ หลอด CFC ขนาด 45 วัตต์ จำนวน 105 หลอด เวลา 24 ชั่วโมง จากเดิม 220 หลอด	-	60,444.00
2555	**ติดตั้ง INVERTER ควบคุมเครื่องเติมอากาศ**	ติดตั้ง INVERTER ควบคุมเครื่องเติมอากาศ MAKE-UP จำนวน 13 เครื่อง	1,750,000.00	347,845.00
2556	**ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า**	ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน (Voltage Regulator) ที่เมนจ่ายไฟ	2,716,000.00	285,240.00
	ลดจำนวนหลอดไฟ	ลดจำนวนหลอดในลานจอดรถ หลอด T5 ขนาด 28 วัตต์ จำนวน 764 หลอด เวลา 8 ชั่วโมง จากเดิม 2,840 หลอด	-	63,205.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.15 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2556 ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค



หมายเหตุ

ปรับแต่งการทำงาน — CE (Customization Equiment)

ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร — IE (Improve Equiment)

ลดจำนวนการใช้งาน — RN (Reduce The Number)

ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม — EI (Equiment Installation)

ลดเวลาการใช้งาน — RT (Reduce Time)

เปลี่ยนทดแทน — ER (Equiment Replacement)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3.5 ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์

3.5.1 ข้อมูลอาคาร

ศูนย์การค้า เอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ หรือชื่อเดิมว่า ศูนย์การค้ามาบุญครอง เป็นศูนย์การค้าขนาดใหญ่ เปิดดำเนินงานเมื่อ พ.ศ. 2528 บริหารงานโดยบริษัท เอ็มบีเค จำกัด (มหาชน) ภายในอาคารขนาด 8 ชั้น ซึ่งตั้งอยู่เลขที่ 444 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพมหานคร 10330 มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 89,000 ตารางเมตร ซึ่งส่วนหนึ่งจัดเป็นพื้นที่เช่าค้าขาย จำนวนกว่า 2,500 ร้านค้า

ภาพที่ 3.5 ศูนย์การค้า เอ็ม บี เค เซ็นเตอร์

ลักษณะและรายละเอียดการใช้งานอาคาร

อาคารประกอบด้วย 3 อาคาร คือ อาคารสำนักงาน 12 ชั้น อาคารโรงแรม 29 ชั้น และอาคารศูนย์การค้า จำนวน 8 ชั้น เป็นอาคารสูงและอาคารใหญ่พิเศษ มีพื้นที่รวมทั้งหมด 270,802.75 ตารางเมตร เปิดใช้อาคารในทุกวันจันทร์-วันอาทิตย์ ช่วงเวลา 10.00 น. - 22.00 น. ประกอบธุรกิจบริหารพื้นที่ค้าปลีก มีจุดเด่นด้านการเป็นแหล่งชอปปิ้งใจกลางเมือง และเป็นที่รู้จักของชาวไทย และชาวต่างชาติ โดยแต่ละชั้น จัดแบ่งดังนี้ ชั้น 1 เป็นที่ตั้งของลานกิจกรรม ท้อปส์มาร์เก็ต ร้านอาหาร ธนาคาร ชั้น 2 มีสะพานลอยปรับอากาศเชื่อมระหว่างเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และโบนันซ่ามอลล์ ส่วนด้านห้างโตคิวทั้งชั้น 2 และ 3 มีทางเดินเชื่อมไปสู่รถไฟฟ้าบีทีเอสที่สถานีสนามกีฬาแห่งชาติ หอ

ศิลปวัฒนธรรมแห่งกรุงเทพมหานคร และสยามดิสคัฟเวอรี่ ชั้น 3 เป็นชั้นเกี่ยวกับความสวยความงาม ซึ่งจะประกอบไปด้วย ร้านนวดหน้า ร้านสปา ร้านเสริมสวย ชั้น 4 เป็นศูนย์รวมร้านโทรศัพท์มือถือ ชั้น 5 เป็นศูนย์รวมร้านเฟอร์นิเจอร์ และ เดอะ ฟิฟธ์ ฟู๊ด อเวนิว ชั้น 6 เป็นศูนย์อาหาร และร้านขายสินค้างานฝีมือไทย ชั้น 7 เป็นศูนย์บันเทิง ประกอบด้วย เอส เอฟ ซีเนม่า ซิตี้ คาราโอเกะ โบว์ลิ่ง และมีร้านอาหาร ชั้น 8 ศูนย์บันเทิง เอส เอฟ ซีเนม่า ซิตี้

ตารางที่ 3.17 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์

ศูนย์การค้า	เวลาการใช้อาคาร	ชั้น	ประกอบธุรกิจ
ศูนย์การค้าเอ็มบีเค เซนต์เตอร์	10.00 - 22.00 น.	ชั้น 1	เป็นที่ตั้งของลานกิจกรรม ท้อปส์มาร์เก็ต ร้านอาหาร ธนาคาร
		ชั้น 2	มีสะพานลอยระหว่างเอ็มบีเค เซ็นเตอร์และโบนันซ่ามอลล์ ทางเดินเชื่อมไปสู่รถไฟฟ้าบีทีเอสที่สถานีสนามกีฬาแห่งชาติ หอศิลปวัฒนธรรมแห่งกรุงเทพมหานคร และสยามดิสคัฟเวอรี่
		ชั้น 3	เป็นชั้นเกี่ยวกับความสวยความงาม ซึ่งจะประกอบไปด้วย ร้านนวดหน้า ร้านสปา ร้านเสริมสวย
		ชั้น 4	เป็นศูนย์รวมร้านโทรศัพท์มือถือ
		ชั้น 5	เป็นศูนย์รวมร้านเฟอร์นิเจอร์ และ เดอะ ฟิฟธ์ ฟู๊ด อเวนิว
		ชั้น 6	เป็นศูนย์อาหาร ซึ่งเดิมเป็นที่รวมร้านอาหารทั้งชั้น แต่ปัจจุบันได้แบ่งเป็นร้านขายสินค้าอื่นด้วย โดยเฉพาะงานฝีมือไทย
		ชั้น 7	เดิมเป็นที่ตั้งของเอ็มบีเค ฮออล์ แต่ปัจจุบันเป็นศูนย์บันเทิง ประกอบด้วย เอส เอฟ ซีเนม่า ซิตี้ สาขาแรก คาราโอเกะ โบว์ลิ่ง และมีร้านอาหารหลายร้านรวมอยู่ในบริเวณนี้เช่นกัน
		ชั้น 8	ศูนย์บันเทิง เอส เอฟ ซีเนม่า ซิตี้

3.5.2 ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ ได้ดำเนินการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรและแผนการดำเนินการการประหยัดพลังงานต่อไป ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าศูนย์การค้าได้มีการกำหนดมาตรการและแผนการดำเนินการประหยัดพลังงาน ดังนี้

ปี พ.ศ.2554 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า โดยดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า ขนาด 500 KVA จำนวน 2 เครื่อง และขนาด 160 KVA จำนวน 1 เครื่อง ที่ตู้เมนไฟฟ้าเพื่อปรับลดแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 314,530.73 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 3,136,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.10 Kwh/ปี

2. มาตรการปิดไฟบริเวณ Office โดยดำเนินการปิดไฟบริเวณ Office เวลาพักกลางวัน จำนวน 1 ชั่วโมง ซึ่งเป็นหลอด FL ขนาด 32 วัตต์ จำนวน 500 หลอด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 5,760 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

ปี พ.ศ.2555 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED ทดแทนหลอด Halogen โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 5 วัตต์ ทดแทนหลอด Halogen ขนาด 35 วัตต์ จำนวน 400 หลอด บริเวณพื้นที่ส่วนกลาง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 60,480 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 220,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.27 Kwh/ปี

2. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Motion Sensor โดยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความเคลื่อนไหวเพื่อควบคุมการทำงานของหลอดไฟในบริเวณประตูหนีไฟ จำนวน 11 เส้นทาง จำนวน Motion Sensor ที่ใช้ 125 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ

21,188.25 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 102,290 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.21 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 4 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการเปลี่ยนใบพัดลม Cooling Tower โดยการเปลี่ยนใบพัดชุดขับใบพัด และมอเตอร์ทดแทนของเดิมที่มีขนาดใหญ่กว่า จำนวน 7 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 927,381.01 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 3,200,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.29 Kwh/ปี

2. มาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ โดยการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศระบบบำบัดน้ำเสีย ขนาด 55 KW จำนวน 2 ชุด ทดแทนเครื่องอัดอากาศของเดิม ขนาด 30 KW จำนวน 2 ชุด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 43,800 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 3,644,940 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.01 Kwh/ปี

3. มาตรการปรับสมดุลน้ำเย็นเครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยการวัด และปรับปริมาณน้ำเย็นที่ไหลผ่านเครื่องส่งลมเย็นให้เหมาะสมกับการใช้งาน จำนวน 1,300 เครื่อง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 1,798,997.40 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 1,650,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 1.09 Kwh/ปี

4. มาตรการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็น โดยการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำ จำนวน 8 ชุด ที่มีอายุการใช้งานมากกว่า 27 ปี ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 254,040 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 5,700,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.04 Kwh/ปี

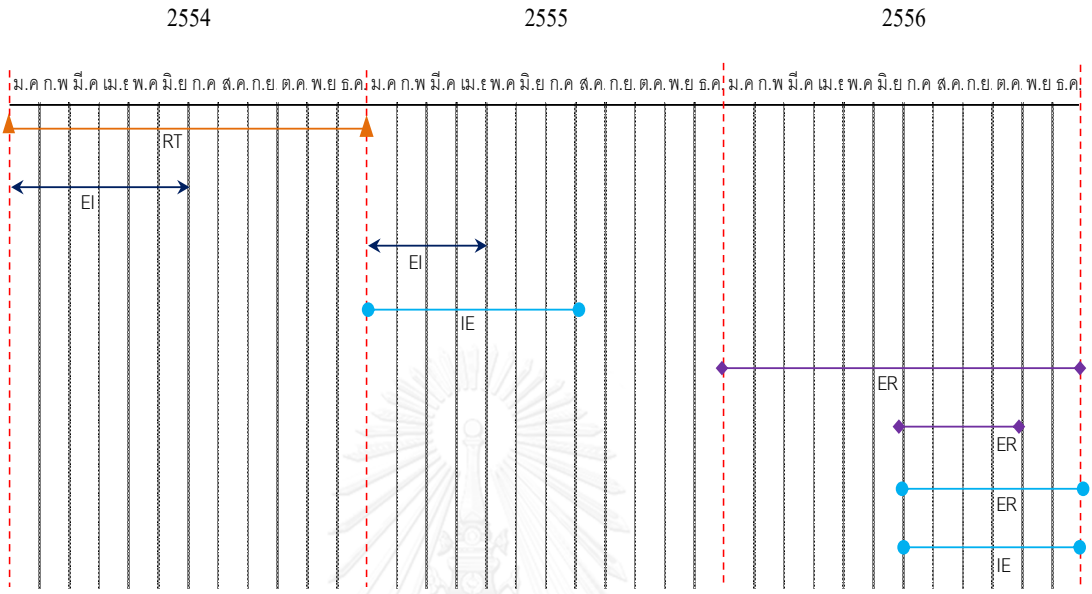
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 3.18 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์

ปี	มาตรการ	รายละเอียดกิจกรรม	เงินลงทุน (บาท)	ประมาณการผลประหยัด (kwh/ปี)
2554	**ปิดไฟบริเวณ OFFICE ช่วงพัก**	หลอด FL ขนาด 32 วัตต์ จำนวน 500 หลอด เวลา 1 ชั่วโมง	-	5,760.00
	ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า	ติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน (Voltage Regulator) ที่เมนจ่ายไฟ	3,136,000.00	314,530.73
2555	**ติดตั้งอุปกรณ์** Motion Sensor	ติดตั้งอุปกรณ์ Motion Senser ควบคุมการทำงานระบบแสงสว่าง หลอด FL ขนาด 18 และ 32 วัตต์ จำนวน 125 ชุด	102,290.00	21,188.25
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** HALOGEN	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 5 วัตต์ แทนหลอด Halogen ขนาด 35 วัตต์ จำนวน 400 หลอด	220,000.00	60,480.00
2556	**เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ**	เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศระบบบำบัดน้ำ จาก 30 KW จำนวน 2 ชุด เป็น ขนาด 55 KW จำนวน 2 ชุด ทำงานครั้งละ 1 ชุด ใช้งาน 24 hr	3,644,940.00	43,800.00
	เปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็น	เปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ จำนวน 8 เครื่อง อายุ 27 ปี เดิมใช้ 586 kw ลดเหลือ 525 kw	5,700,000.00	254,040.00
	เปลี่ยนใบพัดลม Cooling Tower	เปลี่ยนใบพัดลม Cooling Tower จำนวน 7 ชุด เปลี่ยนชุดขับจาก 47 KW เหลือ 13 KW	3,200,000.00	927,381.01
	ปรับสมดุลย์น้ำเย็นเครื่อง AHU	ปรับสมดุลน้ำเย็นเครื่องส่งลมเย็น (AHU) จำนวน 1300 ชุด	1,650,000.00	1,798,997.40

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.19 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2556 ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์



หมายเหตุ

ปรับแต่งการทำงาน	ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร
CE (Customization Equiment)	IE (Improve Equiment)
ลดจำนวนการใช้งาน	ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม
RN (Reduce The Number)	EI (Equiment Installation)
ลดเวลาการใช้งาน	เปลี่ยนทดแทน
RT (Reduce Time)	ER (Equiment Replacement)

3.6 ศูนย์การค้าสยามพารากอน

3.6.1 ข้อมูลอาคาร

ศูนย์การค้าสยามพารากอน ตั้งอยู่บนเลขที่ 991/1 ถนนพระรามที่ 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 เดิมเป็นโรงแรมแห่งแรกของไทยที่บริหารด้วยเชนโรงแรมจากต่างประเทศ และต่อมาพัฒนาเป็นศูนย์การค้า โดยเป็นการลงทุนร่วมกันระหว่างกลุ่มเดอะมอลล์ และบริษัท สยาม พิวรรธน์ จำกัด เมื่อวันที่ 9 ธันวาคม พ.ศ. 2548

ภาพที่ 3.6 ศูนย์การค้าสยามพารากอน

ลักษณะและรายละเอียดการใช้งานอาคาร

ศูนย์การค้าสยามพารากอน เป็นอาคารสูง 8 ชั้น ตัวอาคารจะใช้แก้วตกแต่งเป็นหลัก มีลิฟต์แก้วที่ใช้กระจกทั้งหมดเป็นแห่งแรกของประเทศ (ปัจจุบันได้มีอีกที่หนึ่งคือ เซ็นทรัลเวิลด์) มีจำนวนลิฟต์ทั้งหมด 26 ตัว แบ่งเป็นลิฟต์แก้วแบบใช้กระจกทั้งหมด 2 ตัว ตั้งอยู่ที่โซน The Jewel (ฝั่งติดกับสยามเซ็นเตอร์) ลิฟต์แก้วแบบธรรมดา 2 ตัว ตั้งอยู่ที่โซน Star Dome (ฝั่งติดกับวัดปทุมวนาราม) และลิฟต์ธรรมดา 22 ตัว บันไดเลื่อน 85 ตัว ทางเลื่อน 4 ตัว มีพื้นที่ใช้สอยประมาณ 500,000 ตารางเมตร และใช้เงินลงทุนมากกว่า 15,000 ล้านบาท โดยแต่ละชั้น จัดแบ่งดังนี้ ชั้น BF Oceanarium ประกอบด้วย บางกอก ซี ไลฟ์ โอเชียนเวิลด์ พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำภายใน และโรงภาพยนตร์ 5D Cinema Xtreme ชั้น GF Gourmet Paradise ชั้น MF The Luxury พื้นที่กิจกรรม แฟชั่นเสื้อผ้า

เครื่องประดับ คอสเมติกส์ ชั้น1F Fashion Venue ชั้น 2F Lifestyle & Leisure ชั้น 3F Living & Technology ชั้น4 F-4AF Paragon Passage ชั้น 5F-6F The Global Entertainment

ตารางที่ 3.21 ลักษณะการใช้อาคารศูนย์การค้าสยามพารากอน

ศูนย์การค้า	เวลาการใช้อาคาร	ชั้น	ประกอบธุรกิจ
ศูนย์การค้าสยามพารากอน	10.00 - 22.00 น.	BF	บางกอก ซี ไลฟ์ โอเชียนเวิลด์ พิพิธภัณฑ์สัตว์น้ำภายใน และโรงภาพยนตร์ 5D Cinema Xtreme
		GF	Gourmet Paradise
		MF The Luxury	พื้นที่กิจกรรม แฟชั่นเสื้อผ้า เครื่องประดับ คอสเมติกส์
		1F	Fashion Venue
		2F	Lifestyle & Leisure
		3F	Living & Technology
		4F-4AF	Paragon Passage
		5F-6F	The Global Entertainment

3.6.2 ข้อมูลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

การกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน

ศูนย์การค้าสยามพารากอน ได้มีการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการ และแผนการดำเนินการประหยัดพลังงานต่อไป ซึ่งผลจากการศึกษาพบว่าศูนย์การค้าได้มีการกำหนดมาตรการ และแผนการดำเนินการประหยัดพลังงาน ดังนี้

ปี พ.ศ.2554 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 4 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์บัลลาสต์ ควบคุม FL โดยการใช้บัลลาสต์อิเล็คทรอนิค ทดแทนบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กของหลอด FL ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 28,827 หลอด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 2,093,854.53 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 17,786,273 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.12 Kwh/ปี

2. มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมเครื่องส่งลมเย็น โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบเครื่องส่งลมเย็น จำนวน 17 เครื่อง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 350,743.28 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 5,917,731 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.06 Kwh/ปี

3. มาตรการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็น โดยการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นเครื่องทำน้ำเย็น ให้ได้ค่าตามที่ออกแบบ โดยทำการปรับวาล์วหรี่น้ำเย็นให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 26,006 kwh/ปี โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน

4. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED ทดแทนหลอด Halogen โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 9 วัตต์ ทดแทนหลอด Halogen ขนาด 70 วัตต์ จำนวน 50 หลอด บริเวณพื้นที่ส่วนกลาง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 13,359 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 50,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.27 Kwh/ปี

ปี พ.ศ.2555 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่

1. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด Halogen โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 3 วัตต์ ทดแทนหลอด Halogen ขนาด 35 วัตต์ บริเวณลานน้ำพุ จำนวน 320 หลอด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 14,950.40 kwh/ปี และใช้หลอด LED ขนาด 3 วัตต์ ทดแทน Halogen ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 147 หลอด และ ขนาด 25 วัตต์ จำนวน 62 หลอด บริเวณส่วนกลาง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 52,186 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 213,240 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.25 Kwh/ปี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่

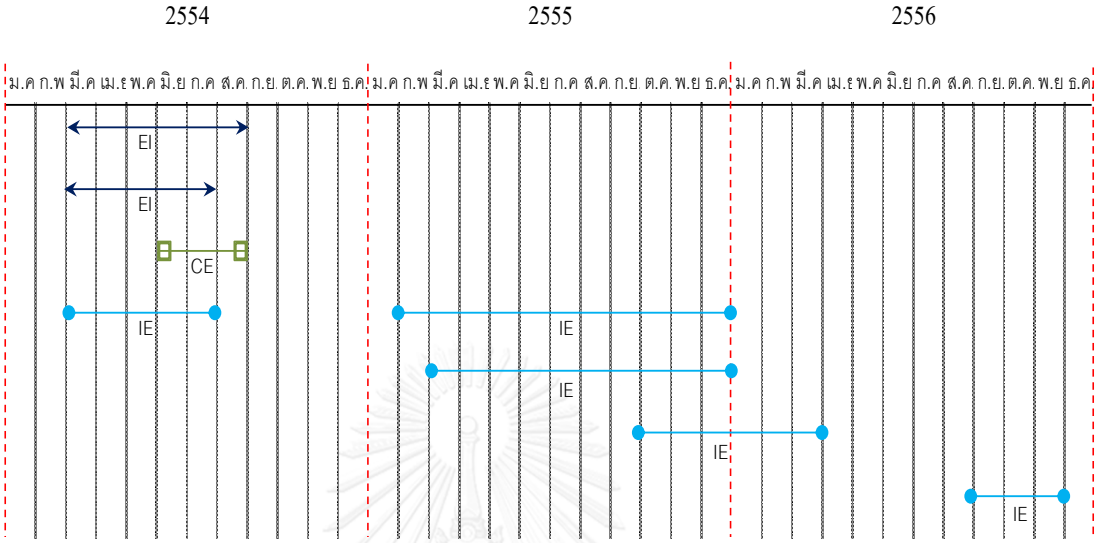
1. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 19 วัตต์ ทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ บริเวณลานจอดรถ จำนวน 2,788 หลอด ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 473,187.81 kwh/ปี และมีเงินลงทุนโครงการ 2,237,370 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.21 Kwh/ปี

2. มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดไส้ แบบ Capsule โดยการเปลี่ยนหลอด LED ขนาด 2 วัตต์ ทดแทนหลอดไส้ แบบ Capsule ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 900 หลอด บริเวณพื้นที่ส่วนกลาง ซึ่งมาตรการดังกล่าวสามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 189,216 kwh/ปี มีเงินลงทุนโครงการ 288,000 บาท โดยเงินลงทุนทุกๆ 1 บาท สามารถประมาณการผลประหยัดที่คาดว่าจะได้รับ 0.66 Kwh/ปี

ตารางที่ 3.22 มาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามพารากอน

ปี	มาตรการ	รายละเอียดกิจกรรม	เงินลงทุน (บาท)	ประมาณการผลประหยัด (kwh/ปี)
2554	**ติดตั้งอุปกรณ์บัลลาสต์ควบคุมหลอด** FL	ใช้บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์พร้อมกับหลอด T8 จำนวน 28,827 หลอด บริเวณพื้นที่ภายในศูนย์	17,786,273.00	2,093,854,53
	ติดตั้งอุปกรณ์ VSD **ควบคุมเครื่อง** AHU	ติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมเครื่อง AHU จำนวน 17 เครื่อง	5,917,731.00	350,743.28
	ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นเครื่อง Chiller	ปรับ FLOW น้ำ จากเครื่อง Chiller NO.2,3,4,7 ขนาด 1000 ton ให้ได้ 2.4 GPM/TON ตามค่าออกแบบ	-	26,006.00
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** Halogen	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 9 วัตต์ แทนหลอด Halogen ขนาด 70 วัตต์ จำนวน 50 หลอด	50,000.00	13,359.00
2555	**เปลี่ยนหลอด** LED **แทนหลอด** Halogen	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 3 วัตต์ แทนหลอด Halogen ขนาด 35 วัตต์ จำนวน 320 หลอด	208,000.00	14,950.40
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอด** Halogen	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 90 ,10.4 และ 3 วัตต์ แทนหลอด Halogen ขนาด 400, 70, 50 และ 25วัตต์ จำนวน 242 หลอด	213,240.00	53,186.00
2556	**เปลี่ยนหลอด** LED **แทนหลอด** FL	เปลี่ยนหลอด T5 ขนาด 41 วัตต์ เป็นหลอด LED ขนาด 19 วัตต์ จำนวน 2,788 หลอด 24 hr X 1,964 ,16 hr x 25 ,13 hr x509 ,12 hr x 224 ,9	2,237,370.00	473,187.81
	เปลี่ยนหลอด LED **แทนหลอดไส้** (Capsule)	เปลี่ยนหลอด LED ขนาด 2 วัตต์ แทนหลอดไส้ (Capsule) ขนาด 50 วัตต์ จำนวน 900 หลอด	288,000.00	189,216.00

ตารางที่ 3.23 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2554 - พ.ศ. 2556 ศูนย์การค้าสยามพารากอน



หมายเหตุ

ปรับแต่งการทำงาน

CE (Customization Equiment)

ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร

IE (Improve Equiment)

ลดจำนวนการใช้งาน

RN (Reduce The Number)

ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม

EI (Equiment Installation)

ลดเวลาการใช้งาน

RT (Reduce Time)

เปลี่ยนทดแทน

ER (Equiment Replacement)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 4
การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการศึกษามาตรการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา จำนวน 6 ศูนย์การค้า ทำให้เกิดความเข้าใจลักษณะของมาตรการ และแนวทางการประหยัดพลังงาน รวมทั้งผลการดำเนินงานของแต่ละมาตรการที่ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้ในการดำเนินการ

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลมาตรการ และแนวทางการประหยัดพลังงานของอาคารศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา เป็นการวิเคราะห์เพื่อหาข้อค้นพบ และเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการวิจัยที่ระบุไว้ในบทที่ 1 ว่าศูนย์การค้ามีแนวทางการประหยัดพลังงานอย่างไร และแต่ละแนวทางให้ระดับการประหยัดพลังงานที่แตกต่างกันอย่างไร ในการวิเคราะห์ผลการศึกษาในบทนี้จึงมีเรื่องในการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะต่อไป ประกอบด้วยเรื่องที่วิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพของอาคาร
2. ลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการประหยัดพลังงาน
3. ลักษณะของมาตรการที่สัมพันธ์กับระบบประกอบอาคาร
4. แผนการดำเนินงานของแต่ละมาตรการประหยัดพลังงาน
5. ผลประหยัด (kwh/ปี) ของแต่ละกลุ่มมาตรการ
6. ผลประหยัด (kwh/ปี) ต่อเงินลงทุน(บาท)ของแต่ละระบบ**ประกอบอาคาร**

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.1 ลักษณะทางกายภาพของอาคาร

ข้อมูลพื้นฐานของศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา

จากข้อมูลพื้นฐานด้านกายภาพของศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา พบว่าอายุเฉลี่ยของศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษาอยู่ในช่วง 25 ปี ถือว่าเป็นกลุ่มอาคารที่มีการใช้งานมานานพอสมควร พบว่าศูนย์การค้ามีอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยศูนย์การค้าที่มีอายุการใช้งานมากที่สุดคือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ มีอายุการใช้งาน 42 ปี ส่วนศูนย์การค้าที่มีอายุการใช้งานน้อยที่สุด คือ ศูนย์การค้าสยามพารากอน มีอายุการใช้งาน 10 ปี และมีพื้นที่ตั้งแต่ 46,198 ตารางเมตร ไปจนถึง 531,552 ตารางเมตร

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลพื้นฐานด้านกายภาพของศูนย์การค้ากรณีศึกษา

ศูนย์การค้า	อายุอาคาร (ปี)	พื้นที่อาคารรวม (ตร.ม.)
สยามเซ็นเตอร์	42	46,198.00
สยามดิสคัฟเวอรี่	20	91,590.00
ฟอร์จูนทาวน์	23	164,666.00
พาราไดซ์ พาร์ค	23	177,616.00
เอ็ม บี เค เซ็นเตอร์	30	270,802.75
สยามพารากอน	10	531,552.00
ค่าเฉลี่ย	25	213,737.46

4.2 ลักษณะ และประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน

4.2.1 ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานรวมทั้งหมด 12 มาตรการ จากการวิเคราะห์แจกแจงลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการจะพบว่ามีแนวทางการประหยัดพลังงานอยู่ 6 กลุ่มมาตรการดังนี้

1. ลดจำนวนการใช้งาน โดยการแก้ไขวงจรระบบแสงสว่างเพื่อลดจำนวนการใช้หลอดไฟ

2. ลดเวลาการใช้งาน โดยการปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น ลดเวลาในการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) ลดเวลาการใช้งานเครื่องเติมอากาศ (OAU)

3. ปรับแต่งการทำงาน โดยการปรับเปลี่ยนเวลาการเปิด-ปิดเครื่องส่งลมเย็น (AHU) และเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

4. การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร โดยการเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL)

5. ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม โดยการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

6. เปลี่ยนทดแทน โดยการเปลี่ยนโคมไฟฟ้าชนิด LED แทนโคมไฟฟ้าชนิดคอมแพ็คฟลูออเรสเซนต์ (CFL) เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน (Split Type) ชนิดเบอร์ 5 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าทดแทนของเดิม การเปลี่ยนใช้เครื่องส่งลมเย็น (AHU) ทดแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) การปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าทดแทนของเดิม โดยสรุปได้ตามตาราง 4.2

ตารางที่ 4.2 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์

มาตรการประหยัดพลังงาน	กลุ่มมาตรการ
แก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ	**ลดจำนวนการใช้งาน**
ปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น	**ลดเวลาการใช้งาน**
ลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศ SPLIT TYPE	
ลดเวลาการใช้เครื่องเติมอากาศ (OAU)	
การปรับเปลี่ยนเวลาเปิด-ปิด AHU	**ปรับแต่งการทำงาน**
การปรับเปลี่ยนเวลาเปิด-ปิด CHILLER	
ติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานเครื่อง CHILLER	**ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม**
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL	**ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร**
เปลี่ยนโคม LED แทนโคม CFL	**เปลี่ยนทดแทน**
เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบ SPLIT TYPE	
เปลี่ยนเครื่อง AHU แทน SPLIT TYPE	
เปลี่ยนเครื่อง CHILLER	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.2 ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2554 ถึง ปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน รวมทั้งหมด 10 มาตรการ จากการวิเคราะห์แจกแจงลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการ จะพบว่ามีแนวทางการประหยัดพลังงานอยู่ 4 กลุ่มมาตรการ ดังนี้

1. ลดเวลาการใช้งาน โดยการปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น ลดเวลาในการใช้งานเครื่องส่งลมเย็น (Split Type) ลดเวลาการใช้งานเครื่องระบายอากาศ (Exhaust)

2. ปรับแต่งการทำงาน โดยการปรับเพิ่มอุณหภูมิเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller)

3. การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร โดยการเปลี่ยนใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในเครื่องส่งลมเย็น (FCU) และการเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL)

4. เปลี่ยนทดแทน โดยการเปลี่ยนขนาดโคมไฟฟ้าชนิด Metal Halide ให้มีขนาดการใช้พลังงานลดลง เปลี่ยนโคมไฟฟ้าชนิด LED แทนโคมไฟฟ้าชนิด Metal Halide เปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียที่มีเทคโนโลยีสูงทดแทนของเดิม และการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ แบบแยกส่วน (Split Type) ชนิดเบอร์ 5 ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าทดแทนของเดิม โดยสรุปได้ตามตาราง 4.3

ตารางที่ 4.3 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่

มาตรการประหยัดพลังงาน	กลุ่มมาตรการ
ปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น	**ลดเวลาการใช้งาน**
ลดเวลาการใช้งานเครื่อง AHU	
ลดเวลาการใช้งาน EXHAUST	
ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่อง CHILLER	**ปรับแต่งการทำงาน**
เปลี่ยนมอเตอร์ FCU	**ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร**
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL	
เปลี่ยนขนาดโคม METAL HALIDE	**เปลี่ยนทดแทน**
เปลี่ยนโคมไฟฟ้า LED แทนโคมไฟฟ้า METAL HALIDE	
เปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสีย	
เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบ SPLIT TYPE	

4.2.3 ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานรวมทั้งหมด 9 มาตรการ จากการวิเคราะห์แจกแจงลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการ จะพบว่ามีแนวทางการประหยัดพลังงาน 3 กลุ่มมาตรการ ดังนี้

1. ลดเวลาการใช้งาน โดยการปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น และลดเวลาในการใช้งานลิฟท์โดยสาร

2. การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร โดยการเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอด Halogen เปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) เปลี่ยนชนิดหลอด Induction แทนหลอดชนิด Metal Halide การเปลี่ยนใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในเครื่องส่งลมเย็น (AHU) การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องส่งลมเย็น (AHU) โดยการทำความสะอาดภายในคอลย์น้ำเย็นและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ควบคุมการทำงานที่ชำรุด การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยการทำความสะอาดคอลย์น้ำเย็น และการดึงความชื้น สนิมออกจากน้ำยาทำความเย็น

3. ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม โดยการติดตั้งอุปกรณ์ Solar Cell เพื่อเปลี่ยนระบบแหล่งจ่ายพลังงานทดแทนระบบไฟฟ้า โดยสรุปได้ตามตาราง 4.4

ตารางที่ 4.4 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

มาตรการประหยัดพลังงาน	กลุ่มมาตรการ
ปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น	**ลดเวลาการใช้งาน**
ลดเวลาการใช้งานลิฟท์โดยสาร	
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด HALOGEN	**ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร**
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL	
เปลี่ยนหลอด Induction แทนหลอด Metal Halide	
เปลี่ยนมอเตอร์เครื่อง AHU	
ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง AHU	
ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง CHILLER	
ติดตั้งอุปกรณ์ Solar cell	**ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม**

4.2.4 ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานรวมทั้งหมด 3 มาตรการ จากการวิเคราะห์แจกแจงลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการ จะพบว่ามีแนวทางการประหยัดพลังงาน 2 กลุ่มมาตรการ ดังนี้

1. การลดจำนวน และเวลาการใช้งาน คือการถอดหลอดไฟบริเวณลานจอดรถออก 1 ใน 4 ส่วน คือ เดิมมีการติดตั้งหลอดไฟ จำนวน 2,840 หลอด ถอดออก จำนวน 764 หลอด และการแก้ไขวงจรระบบแสงสว่างเพื่อลดจำนวนการใช้หลอดไฟ จากเดิมเปิดตลอด 24 ชั่วโมง จำนวน 220 หลอด แก้ไขวงจรลดเหลือ 105 หลอด

2. การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม โดยการติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า เพื่อควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง และการติดตั้งอุปกรณ์ INVERTER ควบคุมเครื่องเติมอากาศ โดยสรุปได้ตามตาราง 4.5

ตารางที่ 4.5 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

มาตรการประหยัดพลังงาน	กลุ่มมาตรการ
ลดจำนวนหลอดไฟ	**ลดจำนวนการใช้งาน**
แก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ	
ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า	**ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม**
ติดตั้ง INVERTER ควบคุมเครื่องเติมอากาศ	

4.2.5 ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานรวมทั้งหมด 8 มาตรการ จากการวิเคราะห์แจกแจงลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการ จะพบว่ามีแนวทางการประหยัดพลังงาน 4 กลุ่มมาตรการ ดังนี้

1. ลดเวลาการใช้งาน โดยการปิดไฟบริเวณพื้นที่สำนักงานช่วงเวลาพักกลางวัน

2. การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร โดยการเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอด Halogen การปรับสมดุลน้ำเย็นเข้าเครื่องส่งลมเย็น (AHU) และการเปลี่ยนใบพัดลมเครื่อง Cooling Tower

3. การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม โดยการติดตั้งอุปกรณ์ Motion Sensor ควบคุมระบบแสงสว่างภายในบันไดหนีไฟ และการติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า เพื่อควบคุมระดับแรงดันไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

4. เปลี่ยนทดแทน โดยการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ ทดแทนของเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ และการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ ระบบบำบัดน้ำเสีย ทดแทนของเดิมที่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยสรุปได้ตามตาราง 4.6

ตารางที่ 4.6 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์

มาตรการประหยัดพลังงาน	กลุ่มมาตรการ
ปิดไฟบริเวณ OFFICE ช่วงพัก	**ลดเวลาการใช้งาน**
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด HALOGEN	**ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร**
ปรับสมดุลย์น้ำเย็นเครื่อง AHU	
เปลี่ยนใบพัดลม Cooling Tower	
ติดตั้งอุปกรณ์ Motion Senser	**ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม**
ติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า	
เปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็น	**เปลี่ยนทดแทน**
เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4.2.6 ศูนย์การสยามพารากอน

ในช่วงระหว่างปี พ.ศ.2554 ถึงปี พ.ศ.2556 ได้มีการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงานรวมทั้งหมด 6 มาตรการ จากการวิเคราะห์แจกแจงลักษณะการดำเนินการของแต่ละมาตรการ จะพบว่ามีแนวทางการประหยัดพลังงาน 3 กลุ่มมาตรการ ดังนี้

1.การปรับแต่งการทำงาน โดยการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นที่ออกจากเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ให้ได้ปริมาณตามที่ออกแบบไว้

2.การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร โดยการเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอด Halogen การเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) และการเปลี่ยนชนิดหลอด LED แทนหลอด Capsule

3.การติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม โดยการติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมการทำงานของเครื่องส่งลมเย็น และการติดตั้งบัลลาสต์ควบคุมการทำงานหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) โดยสรุปได้ตามตาราง 4.7

ตารางที่ 4.7 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานศูนย์การค้าสยามพารากอน

มาตรการประหยัดพลังงาน	กลุ่มมาตรการ
ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นเครื่อง CHILLER	**ปรับแต่งการทำงาน**
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด HALOGEN	**ปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร**
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL	
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด Capsule	
ติดตั้งบัลลาสต์ควบคุมหลอด FL	**ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม**
ติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมเครื่อง AHU	

เมื่อนำมาตรการประหยัดพลังงานของแต่ละศูนย์การค้ากรณีศึกษามาเปรียบเทียบเพื่อวิเคราะห์ลักษณะของแต่ละประเภทมาตรการประหยัดพลังงานที่มีการดำเนินการของศูนย์การค้ากรณีศึกษา พบว่า

1. ลดจำนวนการใช้งาน จะพบว่ามี 2 ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้มาตรการแก้ไขวงจรเพื่อลดจำนวนหลอดไฟ คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

2. ลดเวลาการใช้งานระบบแสงสว่าง จะพบว่ามี 3 ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้มาตรการปิดไฟบริเวณพื้นที่โดยรอบอาคาร คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ และศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์

3. การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร จะพบว่ามี 3 ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด HALOGEN คือ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้า เอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าพารากอน และมาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ (FL) พบ 4 ศูนย์การค้ากรณีศึกษาที่ใช้ คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ และ ศูนย์การค้าสยามพารากอน

4. ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จะพบว่า 2 ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า คือ ศูนย์การค้า เอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. เปลี่ยนทดแทน จะพบว่า 2 ศูนย์การค้ากรณีศึกษาใช้มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชนิดเบอร์ 5 ทดแทนของเดิม คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ โดยสรุปได้ตามตาราง 4.8

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 วิเคราะห์กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา

	ศูนย์การค้า					
	SIAM	SIAM DISCOVERY		PARADISE PARK	MBK	SIAM PARAGON
ปรับแต่งการทำงาน						
ปรับเวลาการเปิด-ปิดเครื่อง AHU	●					
ปรับเพิ่มอุณหภูมน้ำเย็น CHILLER		●				
ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นเครื่อง CHILLER						●
ปรับเวลาการเปิด-ปิดเครื่อง CHILLER	●					
ลดจำนวนการใช้งาน						
ลดจำนวนหลอดไฟ				●		
แก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ	●			●		
ลดเวลาการใช้งาน						
ปิดไฟบริเวณพื้นที่รอบอาคารเร็วขึ้น	●	●	●			
ปิดไฟบริเวณ OFFICE ช่วงพัก					●	
ลดเวลาในการใช้งานเครื่อง AHU		●				
ลดเวลาในการใช้งานเครื่อง OAU	●					
ลดเวลาในการใช้งานเครื่อง SPLIT TYPE	●					
ลดเวลาในการใช้งานเครื่อง EXHAUST		●				
ลดเวลาในการใช้ลิฟท์โดยสาร			●			
4.การปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร						
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด HALOGEN			●		●	●
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL	●	●	●			●
เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด Capsule						●
เปลี่ยนหลอดไฟ Induction แทนหลอด Metal Halide			●			
เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในเครื่อง FCU		●				
เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงในเครื่อง AHU			●			
ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง AHU			●			
ปรับสมดุลย์น้ำเย็นเข้าเครื่อง AHU					●	
เปลี่ยนใบพัดลม COOLING TOWER					●	
การปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง CHILLER			●			
5.ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม						
ติดตั้งอุปกรณ์ Motion Sensor ควบคุมระบบแสงสว่าง					●	
ติดตั้งอุปกรณ์บัลลาสต์ควบคุมหลอด FL						●
ติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมเครื่อง AHU						●
ติดตั้งระบบควบคุมการทำงานของเครื่อง CHILLER	●					
ติดตั้งอุปกรณ์ INVERTER ควบคุมเครื่องเติมอากาศ				●		
ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า				●	●	
ติดตั้งอุปกรณ์ Solar Cell จ่ายให้ระบบแสงสว่าง			●			
6.เปลี่ยนทดแทน						
เปลี่ยนขนาดโคมไฟ Metal Halide		●				
เปลี่ยนโคมไฟ LED แทนโคมไฟ Metal Halide		●				
เปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสีย		●				
เปลี่ยนโคมไฟ LED แทนโคมไฟ CFL	●					
เปลี่ยนเครื่องปรับอากาศ SPLIT TYPE	●	●				
เปลี่ยนเครื่อง AHU ทดแทนเครื่อง SPLIT TYPE	●					
เปลี่ยนเครื่อง CHILLER	●					
เปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็นในระบบปรับอากาศ					●	
เปลี่ยนเครื่องอัดอากาศสำหรับระบบบำบัดน้ำเสีย					●	

แผนผังที่ 4.1 กลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา

4.3 ลักษณะของมาตรการที่สัมพันธ์กับระบบประกอบอาคาร

เมื่อนำมาตรการทั้งหมดที่ได้จากตารางที่ 4.8 มาวิเคราะห์โดยแยกตามประเภทของระบบประกอบอาคารจะพบว่ามี 5 ระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบลิฟท์ โดยแต่ละระบบประกอบอาคารพบมาตรการดังนี้

มาตรการประหยัดพลังงานที่มีความสัมพันธ์กับระบบปรับอากาศ พบ 19 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มมาตรการ ดังนี้ กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน พบ 4 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปรับเวลาเปิด-ปิดเครื่องส่งลมเย็น (AHU) มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น (Chiller) มาตรการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นของเครื่องน้ำเย็น (Chiller) และมาตรการปรับเวลาเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน พบ 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องส่งลมเย็น (AHU) มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องเติมอากาศจากภายนอก (OAU) และมาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร พบ 6 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเครื่องส่งลมเย็น (FCU) มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงเครื่องส่งลมเย็น (AHU) มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องส่งลมเย็น (AHU) มาตรการปรับสมดุลน้ำเย็นเครื่องส่งลมเย็น (AHU) มาตรการเปลี่ยนใบพัดลม Cooling Tower และมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม พบ 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมการทำงานเครื่องส่งลมเย็น (AHU) และมาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Energy Optimization ควบคุมการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน พบ 4 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มาตรการเปลี่ยนเครื่องส่งลมเย็น (AHU) ทดแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และมาตรการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็น

มาตรการประหยัดพลังงานที่มีความสัมพันธ์กับระบบระบายอากาศ พบ 2 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มมาตรการ ดังนี้ กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน ได้แก่ มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องระบายอากาศก่อนและหลังเวลาที่ศูนย์การค้าให้บริการ และกลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ได้แก่ มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Invertor ควบคุมการทำงานเครื่องระบายอากาศ

มาตรการประหยัดพลังงานที่มีความสัมพันธ์กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จำนวน 15 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มมาตรการ ดังนี้ กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน พบ 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการลดจำนวนหลอดไฟ และมาตรการแก้ไขวงจรลดจำนวนหลอด กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน พบ 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น และมาตรการปิดไฟบริเวณ Office ช่วงพัก กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร พบ 4 มาตรการ ได้แก่ มาตรการ

เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดHalogen มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดไส้ (Capsule) และมาตรการเปลี่ยนหลอด Induction แทนหลอด Metal Halide กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม พบ 4 มาตรการ ได้แก่ มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Motion Sensor ควบคุมระบบแสงสว่างในบันไดหนีไฟ มาตรการติดตั้งอุปกรณ์บัลลาสต์ควบคุมหลอด FL มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้า และมาตรการติดตั้งอุปกรณ์ Solar cell และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน พบ 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนขนาดโคม Metal Halide มาตรการเปลี่ยนโคม LED แทนโคม Metal Halide และมาตรการเปลี่ยนโคม LED แทนโคม CFL

มาตรการประหยัดพลังงานที่มีความสัมพันธ์กับระบบบำบัดน้ำเสีย พบ 1 กลุ่มมาตรการคือกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน พบ 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสีย และมาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศทดแทน

มาตรการประหยัดพลังงานที่มีความสัมพันธ์กับระบบลิฟท์ พบ 1 กลุ่มมาตรการคือกลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน ได้แก่ มาตรการลดเวลาการใช้งานลิฟท์โดยสารหลังเวลาศูนย์การค้าปิดให้บริการ ดังแสดงรายละเอียดตามตารางที่ 4.9

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.9 ความสัมพันธ์ของมาตรการประหยัดพลังงานกับระบบประกอบอาคาร

ระบบประกอบอาคาร			มาตรการ
ระบบปรับอากาศ	แบบรวมศูนย์	เครื่องทำน้ำเย็น (chiller)	ปรับเวลาเปิด-ปิด ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น ปรับอัตราการไหลของน้ำเย็น ปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง ติดตั้งระบบ Energy Optimization เพื่อควบคุมการทำงาน และเปลี่ยนเครื่องทดแทน
		เครื่องส่งลมเย็น (AHU)	ปรับเวลาเปิด-ปิด ปรับปรุงประสิทธิภาพ ปรับสมดุลน้ำเย็น เปลี่ยนมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมการทำงาน เปลี่ยนเครื่อง AHU ทดแทนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน และลดเวลาการใช้งาน
		เครื่องส่งลมเย็น (FCU)	เปลี่ยนมอเตอร์
		เครื่องสูบน้ำเย็น (Pump)	เปลี่ยนเครื่องทดแทน
		หอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)	เปลี่ยนใบพัดลม
		เครื่องเติมอากาศจากภายนอก (OAU)	ลดเวลาการใช้งาน
	แบบแยกส่วน		ลดเวลาการใช้งาน และเปลี่ยนเครื่องทดแทน
ระบบระบายอากาศ			ลดเวลาการใช้งาน และติดตั้งอุปกรณ์ Invertor ควบคุม
ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง			ลดจำนวนหลอดไฟ แก้ไขวงจรลดจำนวนหลอด ปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น ปิดไฟบริเวณ Office ช่วงพัก เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดไส้ เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดHalogen เปลี่ยนหลอด Induction แทนหลอด Matal Halide ติดตั้งอุปกรณ์ Motion Sensor ติดตั้งอุปกรณ์ปรับลดแรงดันไฟฟ้าติดตั้งอุปกรณ์บัลลาสต์ควบคุมหลอด FL ติดตั้งอุปกรณ์ Solar cell เปลี่ยนขนาดโคม Matal Halideเปลี่ยนโคม LED แทนโคม Matal Halide และเปลี่ยนโคม LED แทนโคม CFL
ระบบบัดน้ำเสีย			เปลี่ยนเครื่องทดแทน และเปลี่ยนระบบทดแทน
ระบบลิฟท์			ลดเวลาการใช้งาน

4.4. แผนการดำเนินงานของแต่ละมาตรการประหยัดพลังงาน

เมื่อนำแผนการดำเนินงานมาตรการประหยัดพลังงานในปี พ.ศ. 2554 ของศูนย์การค้า 6 กรณีศึกษา จำนวนรวม 14 มาตรการ มาวิเคราะห์จะพบว่า

ศูนย์การค้ากรณีศึกษา 1 ศูนย์การค้า ได้แก่ ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ได้ใช้แนวทางการที่มีลักษณะร่วมเป็นการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร คือกลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่ มาตรการแก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ

ศูนย์การค้ากรณีศึกษา 5 ศูนย์การค้า ได้แก่ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ได้ใช้แนวทางที่มีลักษณะร่วมเป็นการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร จำนวน 3 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปรับอัตราการไหลของน้ำเย็นเครื่อง Chiller และกลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น มาตรการลดเวลาการใช้ลิฟท์โดยสาร และมาตรการปิดไฟบริเวณ Office ช่วงพัก ควบคู่ไปกับแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร จำนวน 3 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์เครื่อง AHU มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพ Chiller และมาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด Halogen กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า มาตรการติดตั้งอุปกรณ์บัลลาสต์ควบคุมหลอด FL และมาตรการติดตั้งอุปกรณ์ VSD ควบคุมเครื่อง AHU และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับ อากาศแบบ Split Type และมาตรการเปลี่ยนโคม LED แทนโคม Metal Halide

เมื่อนำแผนการดำเนินงานมาตรการประหยัดพลังงานในปี พ.ศ. 2555 ของศูนย์การค้า 6 กรณีศึกษา จำนวนรวม 17 มาตรการ มาวิเคราะห์จะพบว่า

ศูนย์การค้ากรณีศึกษา 2 ศูนย์การค้า ได้แก่ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ยังคงใช้แนวทางที่มีลักษณะร่วมเป็นการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร จำนวน 1 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น เป็นมาตรการดำเนินการต่อเนื่องในปี พ.ศ. 2555 ควบคู่ไปกับแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร จำนวน 2 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์ FCU และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 6 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนโคมไฟ LED แทนโคมไฟ CFL มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) มาตรการเปลี่ยนโคม LED แทนโคม Metal Halide

มาตรการเปลี่ยนโคม Metal Halide (ขนาด) มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type และมาตรการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสีย

ศูนย์การค้ากรณีศึกษา 4 ศูนย์การค้า ได้แก่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ได้ใช้เฉพาะแนวทางที่มีลักษณะร่วมเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 2 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 5 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่อง AHU มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL มาตรการเปลี่ยนหลอด Induction แทนหลอด Metal Halide มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด Halogen และมาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดไส้ และกลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการติดตั้ง Inverter ควบคุมเครื่องเติมอากาศ และติดตั้งอุปกรณ์ Motion Sensor

และเมื่อนำแผนการดำเนินงานมาตรการประหยัดพลังงานในปี พ.ศ. 2556 ของศูนย์การค้า 6 กรณีศึกษา จำนวนรวม 23 มาตรการ มาวิเคราะห์ จะพบว่า

ศูนย์การค้ากรณีศึกษา 4 ศูนย์การค้า ได้แก่ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ และศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ได้ใช้แนวทางการที่มีลักษณะร่วมเป็นการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร จำนวน 3 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปรับเวลาการเปิด-ปิด AHU มาตรการปรับเวลาการเปิด-ปิด Chiller และ มาตรการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่อง Chiller กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการแก้ไขวงจรลดจำนวนหลอดไฟ และมาตรการลดจำนวนหลอดไฟ และกลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน จำนวน 5 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปิดไฟบริเวณรอบอาคารเร็วขึ้น มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่อง OAU มาตรการลดเวลาการใช้งานเครื่อง AHU และมาตรการ ลดเวลาการใช้งานเครื่อง Exhaust ควบคู่ไปกับแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร จำนวน 3 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการ เปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด FL มาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอด Halogen กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงาน Chiller มาตรการติดตั้ง มาตรการติดตั้งอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า และมาตรการ ติดตั้งอุปกรณ์ Solar cell และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 1 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนเครื่อง AHU แทนเครื่องปรับอากาศแบบ Split Type

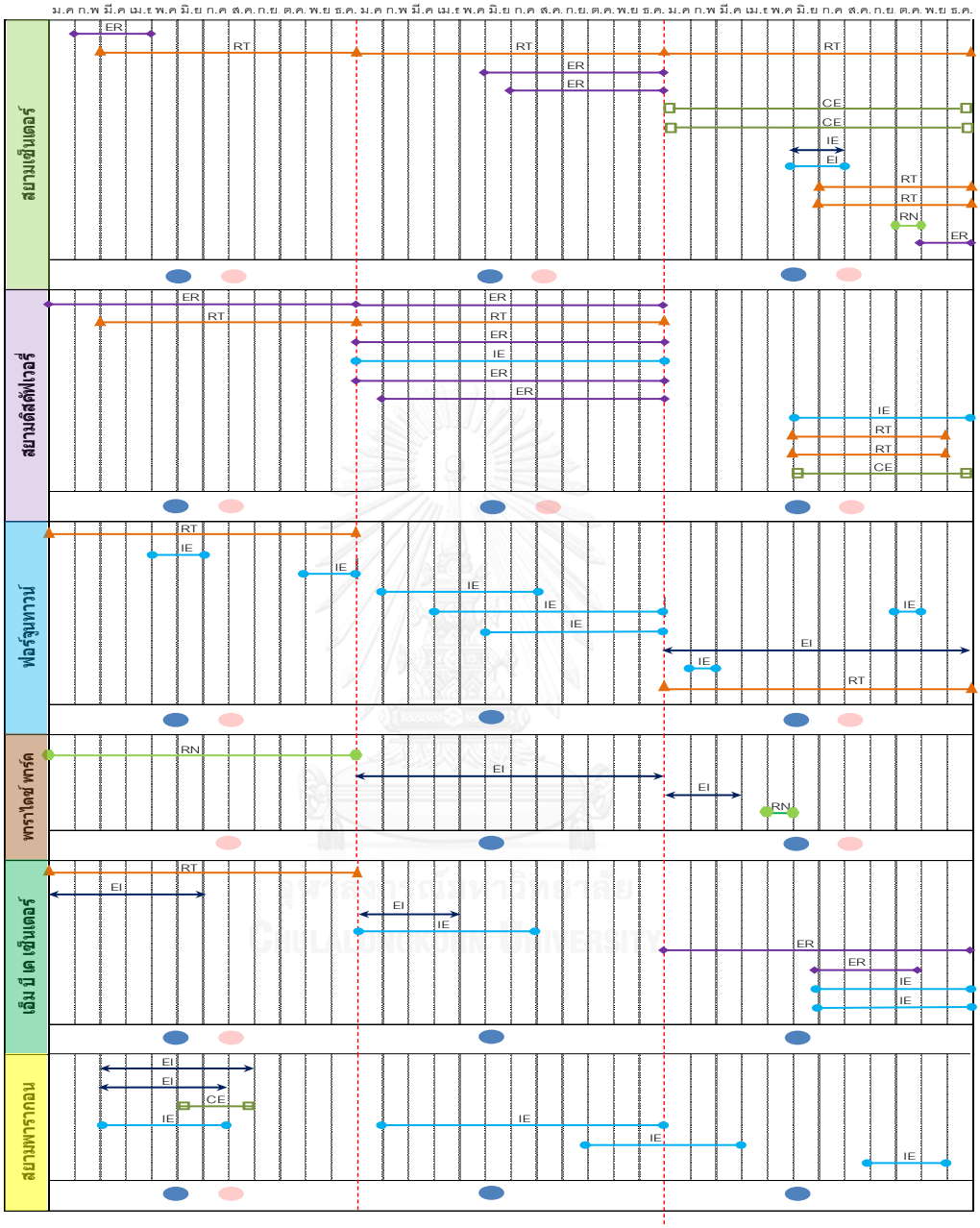
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ศูนย์การค้ากรณีศึกษา 2 ศูนย์การค้า ได้แก่ ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ได้ใช้เฉพาะแนวทางที่มีลักษณะร่วมเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 2 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 3 มาตรการ ได้แก่ มาตรการปรับสมดุลน้ำเย็นเครื่อง AHU มาตรการเปลี่ยนใบพัดลม Cooling Tower และมาตรการเปลี่ยนหลอด LED แทนหลอดไส้ (Capsule) และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 2 มาตรการ ได้แก่ มาตรการเปลี่ยนเครื่องสูบน้ำเย็น และมาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศ ดังตารางที่ 4.10

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.10 แผนดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน

ปีที่ 1 ปีที่ 2 ปีที่ 3



การจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร

การเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์และเครื่องจักรระบบประกอบอาคาร

4.5 ผลประหยัด (kwh/ปี) ของแต่ละกลุ่มมาตรการ

เมื่อนำกลุ่มมาตรการประหยัดพลังงาน จำนวน 6 กลุ่มมาตรการมาทำการวิเคราะห์ผลตอบแทน(Kwh/ปี) จะพบว่า

กลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ประสิทธิภาพ และเทคโนโลยีของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่นำมาปรับเปลี่ยนทดแทนของเดิม รวมทั้งสถานที่ใช้งาน จากแผนภูมิที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่ามีการนำเทคโนโลยีโคมไฟฟ้า LED ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมาใช้งานทดแทนโคมไฟฟ้า Metal Halide และ โคม CFL มีระดับผลตอบแทนที่แตกต่างกัน เนื่องจากโคมไฟฟ้า Metal Halide มีการใช้งานภายนอกอาคาร เวลาการใช้งาน 4 ชั่วโมงต่อวัน จึงให้ผลประหยัดน้อยกว่าเนื่องจากโคมไฟฟ้า CFL มีการใช้งานภายในอาคาร เวลาการใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ประสิทธิภาพและเทคโนโลยี ของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งเพิ่มเติมให้กับระบบประกอบอาคารประเภทต่าง ๆ

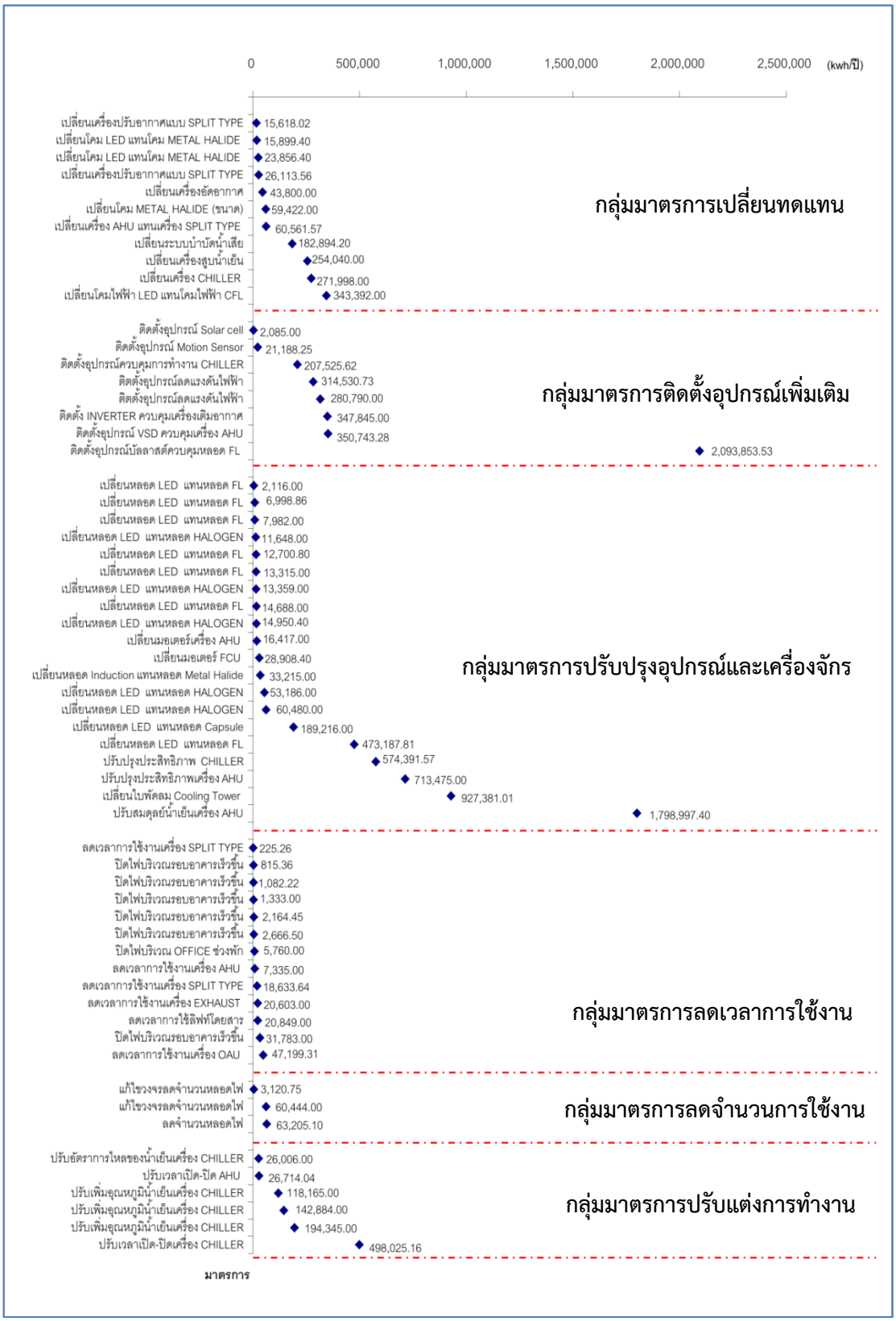
กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับประเภทของระบบประกอบอาคาร คือ การปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักรของระบบปรับอากาศ จะให้ผลประหยัดมากกว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับประเภทของระบบประกอบอาคาร และเวลาในการใช้งานระบบประกอบอาคาร คือการลดเวลาในการใช้งานระบบปรับอากาศจะให้ผลประหยัดมากกว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน ผลการประหยัดขึ้นอยู่กับจำนวนหลอดไฟที่ลดลง ระยะเวลาการใช้งาน และสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์

กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน ผลการประหยัดจะขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการระบบปรับอากาศ โดยการปรับเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ให้สอดคล้องกับช่วงเวลากิจกรรมในการใช้งานของอาคาร และฤดูกาล ดังแผนภูมิที่ 4.1

แผนภูมิที่ 4.1 ผลประหยัด (kwh/ปี)ของแต่ละกลุ่มมาตรการประหยัดพลังงาน



4.6 ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท)ของแต่ละระบบประกอบอาคาร

เมื่อนำมาตรการประหยัดพลังงานที่สัมพันธ์กับประเภทของระบบประกอบอาคาร มาวิเคราะห์ผลประหยัด (kwh/ปี) ต่อเงินลงทุน(บาท) ของแต่ละระบบประกอบอาคาร จะพบว่าแต่ละระบบจะให้ผลประหยัดที่แตกต่างกันดังนี้

มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบบำบัดน้ำเสีย มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.01-0.05 kwh/ปี โดยการลงทุนกับมาตรการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบจะให้ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท) มากกว่ามาตรการที่เปลี่ยนเฉพาะเครื่องอัดอากาศ

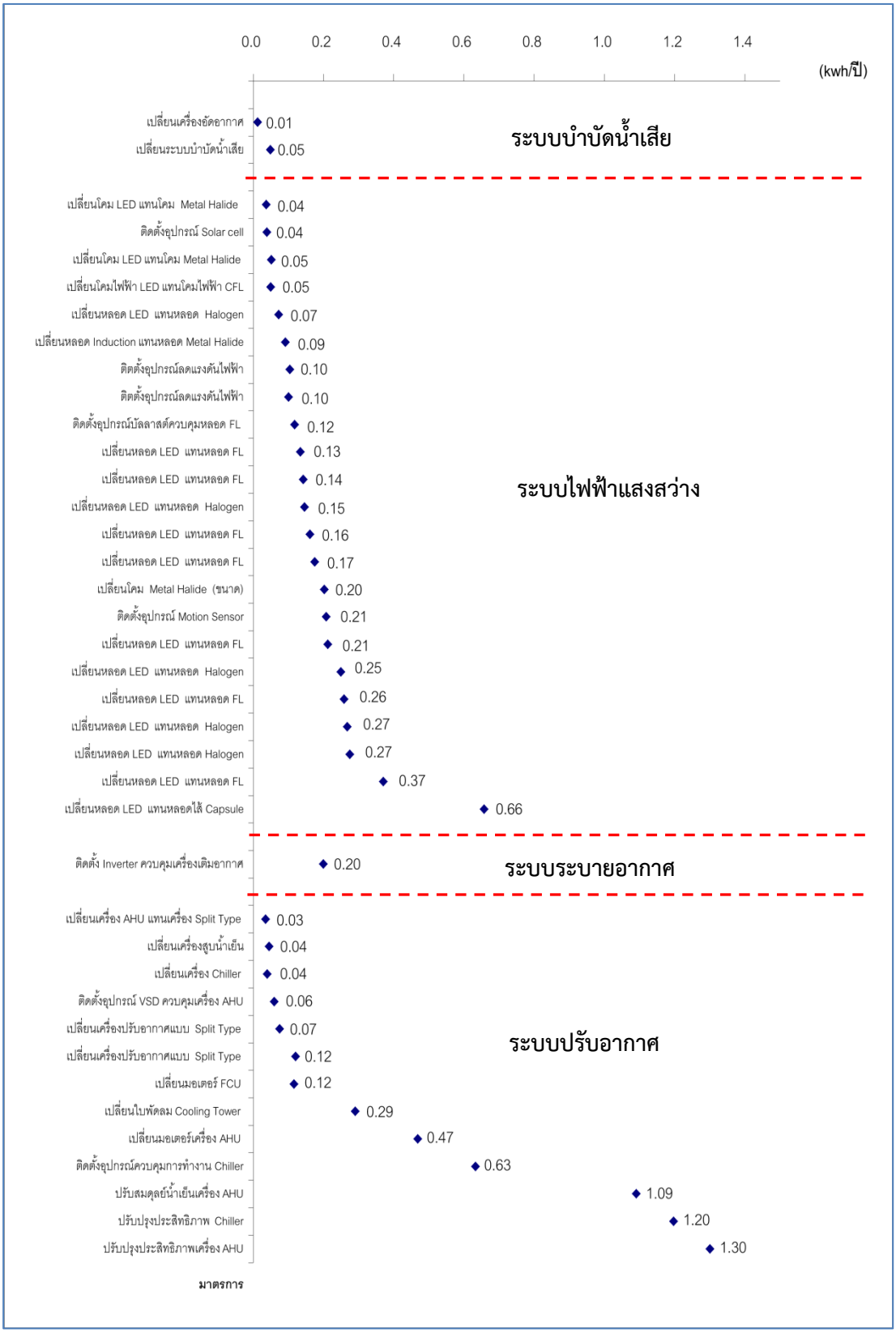
มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.04-0.66 kwh/ปี โดยการลงทุนกับมาตรการปรับเปลี่ยนหลอดประสิทธิภาพสูงทดแทนหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า ผลประหยัด(kwh/ปี)ที่ได้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอดที่นำมาเปลี่ยนทดแทนและเวลาการใช้งาน ซึ่งจะให้ให้ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท) มากกว่ามาตรการเปลี่ยนโคมไฟทดแทนของเดิม

มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบระบายอากาศ มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.02 kwh/ปี

มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบปรับอากาศ มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.03-1.30 kwh/ปี โดยการลงทุนกับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์จะให้ผลประหยัด(kwh/ปี) มากกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน ดังแผนภูมิที่ 4.2

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนภูมิที่ 4.2 ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท)ของแต่ละระบบประกอบอาคาร



บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทที่ 5 นี้จะกล่าวถึงบทสรุปของการศึกษาที่ได้รับจากการรวบรวมข้อมูลจากกรณีศึกษา โดยจะกล่าวถึงที่มา และความสำคัญที่ต้องทำการศึกษา วัตถุประสงค์หลักของการศึกษา ระเบียบวิธีการศึกษา และการวิเคราะห์ผลการศึกษาจากบทที่ 3 และบทที่ 4 จากนั้นจึงทำการอภิปรายผลการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานในศูนย์การค้ากรณีศึกษา

5.1 สรุปผลการศึกษา

ศูนย์การค้าเป็นอาคารขนาดใหญ่ ที่มีชั่วโมงการให้บริการต่อวันเป็นช่วงระยะเวลานาน มีความต้องการใช้พลังงานมาก และศูนย์การค้าเป็นอาคารควบคุมตามพระราชบัญญัติส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 จึงต้องมีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทำความเข้าใจถึงแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษา ซึ่งการศึกษาจะใช้แนวทางของงานวิจัยเชิงประจักษ์ (Empirical Research) โดยการใช้กรณีศึกษา (Case Study Approach) ในการรวบรวมข้อมูลทุติยภูมิจากเอกสารรายงานการจัดการพลังงานประจำปีระหว่างปีพ.ศ.2554 ถึง ปีพ.ศ.2556 ของศูนย์การค้าที่เป็นกรณีศึกษา จำนวน 6 กรณีศึกษา ได้แก่ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอร์รี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน การศึกษาครั้งนี้จะนำมาซึ่งความรู้ ความเข้าใจลักษณะของมาตรการประหยัดพลังงานที่ศูนย์การค้านำมาใช้ แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า และผลประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทางมาใช้ในการศึกษา และวิเคราะห์เพื่อหาคำตอบ สรุปได้ดังนี้ ศูนย์การค้าทั้ง 6 กรณีศึกษา มีอายุเฉลี่ยอยู่ในช่วง 25 ปี โดยศูนย์การค้าที่มีอายุการใช้งานมากที่สุดคือศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ อายุการใช้งาน 42 ปี ส่วนศูนย์การค้าที่มีอายุการใช้งานน้อยที่สุด คือศูนย์การค้าสยามพารากอน อายุการใช้งาน 10 ปี และมีพื้นที่ตั้งแต่ 46,198 ตารางเมตร ไปจนถึง 531,552 ตารางเมตร

5.1.1 แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า

การดำเนินการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้ากรณีศึกษาจะมีการดำเนินการค้นหามาตรการประหยัดพลังงาน และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยการตรวจวัดหาข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน ชั่วโมงการทำงาน และวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ และการสูญเสียพลังงานในแต่ละเครื่องจักร โดยมุ่งไปที่กระบวนการทำงาน เครื่องจักร หรืออุปกรณ์หลักที่มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีการใช้พลังงานไปได้อย่างคุ้มค่า และเป็นไปตามค่าการใช้

งานของแต่ละอุปกรณ์หรือไม่ หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้ในการกำหนดมาตรการประหยัดพลังงาน และแผนการดำเนินงาน จากการศึกษาพบว่ามาตรการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้าจะมีลักษณะการดำเนินงานอยู่ 6 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน ซึ่งมาตรการที่ใช้ดำเนินการจะมีความสัมพันธ์กับระบบประกอบอาคาร 5 ระบบ ได้แก่ ระบบปรับอากาศ ระบบระบายอากาศ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบบำบัดน้ำเสีย และระบบลิฟท์ โดยแต่ละระบบพบมาตรการดังนี้ มาตรการที่มีความสัมพันธ์กับระบบปรับอากาศ พบ 19 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน จำนวน 4 มาตรการ กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน จำนวน 3 มาตรการ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 6 มาตรการ กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จำนวน 2 มาตรการ และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 4 มาตรการ

มาตรการที่มีความสัมพันธ์กับระบบระบายอากาศ พบ 2 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน และกลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม

มาตรการที่มีความสัมพันธ์กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จำนวน 15 มาตรการ โดยแบ่งออกเป็น 5 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน จำนวน 2 มาตรการ กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน จำนวน 2 มาตรการ กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร จำนวน 4 มาตรการ กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม จำนวน 4 มาตรการ และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 3 มาตรการ

มาตรการที่มีความสัมพันธ์กับระบบบำบัดน้ำเสีย พบ 1 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน จำนวน 2 มาตรการ

มาตรการที่มีความสัมพันธ์กับระบบลิฟท์ พบ 1 กลุ่มมาตรการ คือ กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน

เมื่อศูนย์การค้ากรณีศึกษาได้นำมาตรการประหยัดพลังงานมากำหนดเป็นแผนงาน จะพบว่าแผนการประหยัดพลังงานปี พ.ศ.2554 มีจำนวน 14 มาตรการ โดยมีศูนย์การค้ากรณีศึกษา 1 ศูนย์การค้า คือ ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ใช้แนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร และพบว่า 5 ศูนย์การค้ากรณีศึกษา คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ใช้แนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคารควบคู่ไปกับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2555 มีจำนวน 17 มาตรการ พบว่าศูนย์การค้ากรณีศึกษา 2 ศูนย์การค้า คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ใช้แนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคารควบคู่ไปกับแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร และพบว่า 4 ศูนย์การค้ากรณีศึกษา คือ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ ศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ใช้แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร

และแผนการประหยัดพลังงานปี พ.ศ. 2556 มีจำนวน 23 มาตรการ พบว่าศูนย์การค้ากรณีศึกษา 4 ศูนย์การค้า คือ ศูนย์การค้าสยามเซ็นเตอร์ ศูนย์การค้าสยามดิสคัฟเวอรี่ ศูนย์การค้าฟอร์จูนทาวน์ และศูนย์การค้าพาราไดซ์ พาร์ค ใช้แนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคารควบคู่ไปกับแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร และพบว่า 2 ศูนย์การค้ากรณีศึกษา คือ ศูนย์การค้าเอ็ม บี เค เซ็นเตอร์ และศูนย์การค้าสยามพารากอน ใช้แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพอุปกรณ์ และเครื่องจักร

5.1.2 ผลการดำเนินการประหยัดพลังงาน

เมื่อนำกลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้ จำนวน 6 กลุ่มมาตรการมาทำการวิเคราะห์ผลตอบแทน(Kwh/ปี) จะพบว่า

กลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ประสิทธิภาพ และเทคโนโลยีของอุปกรณ์และเครื่องจักรที่นำมาปรับเปลี่ยนทดแทนของเดิม รวมทั้งสถานที่ใช้งาน จากแผนภูมิที่ 1 แสดงให้เห็นว่ามีการนำเทคโนโลยีโคมไฟฟ้า LED ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงมาใช้งานทดแทนโคมไฟฟ้า Metal halide และ โคม CFL มีระดับผลตอบแทนที่แตกต่างกัน เนื่องจากโคมไฟฟ้า Metal halide มีการใช้งานภายนอกอาคาร เวลาการใช้งาน 4 ชั่วโมงต่อวัน จึงให้ผลประหยัดน้อยกว่าเนื่องจากโคมไฟฟ้า CFL มีการใช้งานภายในอาคาร เวลาการใช้งาน 12 ชั่วโมงต่อวัน

กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับความสามารถ ประสิทธิภาพ และเทคโนโลยี ของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งเพิ่มเติมให้กับระบบประกอบอาคาร

กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์ และเครื่องจักร ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับประเภทของระบบประกอบอาคาร คือการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักรของระบบปรับอากาศ จะให้ผลประหยัดมากกว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับประเภทของระบบประกอบอาคาร และ เวลาในการใช้งานระบบประกอบอาคาร คือการลดเวลาในการใช้งานระบบปรับอากาศ จะให้ผลประหยัดมากกว่าระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน ผลการประหยัดขึ้นอยู่กับจำนวนหลอดไฟที่ลดลง ระยะเวลาการใช้งาน และสถานที่ติดตั้งอุปกรณ์

กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน ผลการประหยัดจะขึ้นอยู่กับการบริหารจัดการระบบปรับอากาศ โดยการปรับเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) และการปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น ให้สอดคล้องกับช่วงเวลา กิจกรรมในการใช้งานของอาคาร และฤดูกาล

และเมื่อนำมาตรการประหยัดพลังงานที่สัมพันธ์กับประเภทของระบบประกอบอาคารมาวิเคราะห์ผลประหยัด (kwh/ปี) ต่อเงินลงทุน(บาท) ของแต่ละระบบประกอบอาคาร จะพบว่าแต่ละระบบจะให้ผลที่แตกต่างกันดังนี้ มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบบำบัดน้ำเสีย มีผลประหยัด(kwh/ปี) ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.01-0.05 kwh/ปี โดยการลงทุนกับมาตรการเปลี่ยนระบบบำบัดน้ำเสียทั้งระบบจะให้ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท) มากกว่ามาตรการที่เปลี่ยนเฉพาะเครื่องอัดอากาศ

มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.04-0.66 kwh/ปี โดยการลงทุนกับมาตรการปรับเปลี่ยนหลอดประสิทธิภาพสูงทดแทนหลอดที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่า ผลประหยัด(kwh/ปี)ที่ได้จะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของหลอดที่นำมาเปลี่ยนทดแทนและเวลาการใช้งาน ซึ่งจะให้ให้ผลประหยัด(kwh/ปี)ต่อเงินลงทุน(บาท) มากกว่ามาตรการเปลี่ยนโคมไฟทดแทนของเดิม

มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบระบายอากาศ มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.02 kwh/ปี

มาตรการที่สัมพันธ์กับระบบปรับอากาศ มีผลประหยัด(kwh/ปี)ที่คาดว่าจะได้รับจากการลงทุนทุก 1 บาท เท่ากับ 0.03-1.30 kwh/ปี โดยการลงทุนกับระบบปรับอากาศแบบรวมศูนย์จะให้ผลประหยัด(kwh/ปี) มากกว่าระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

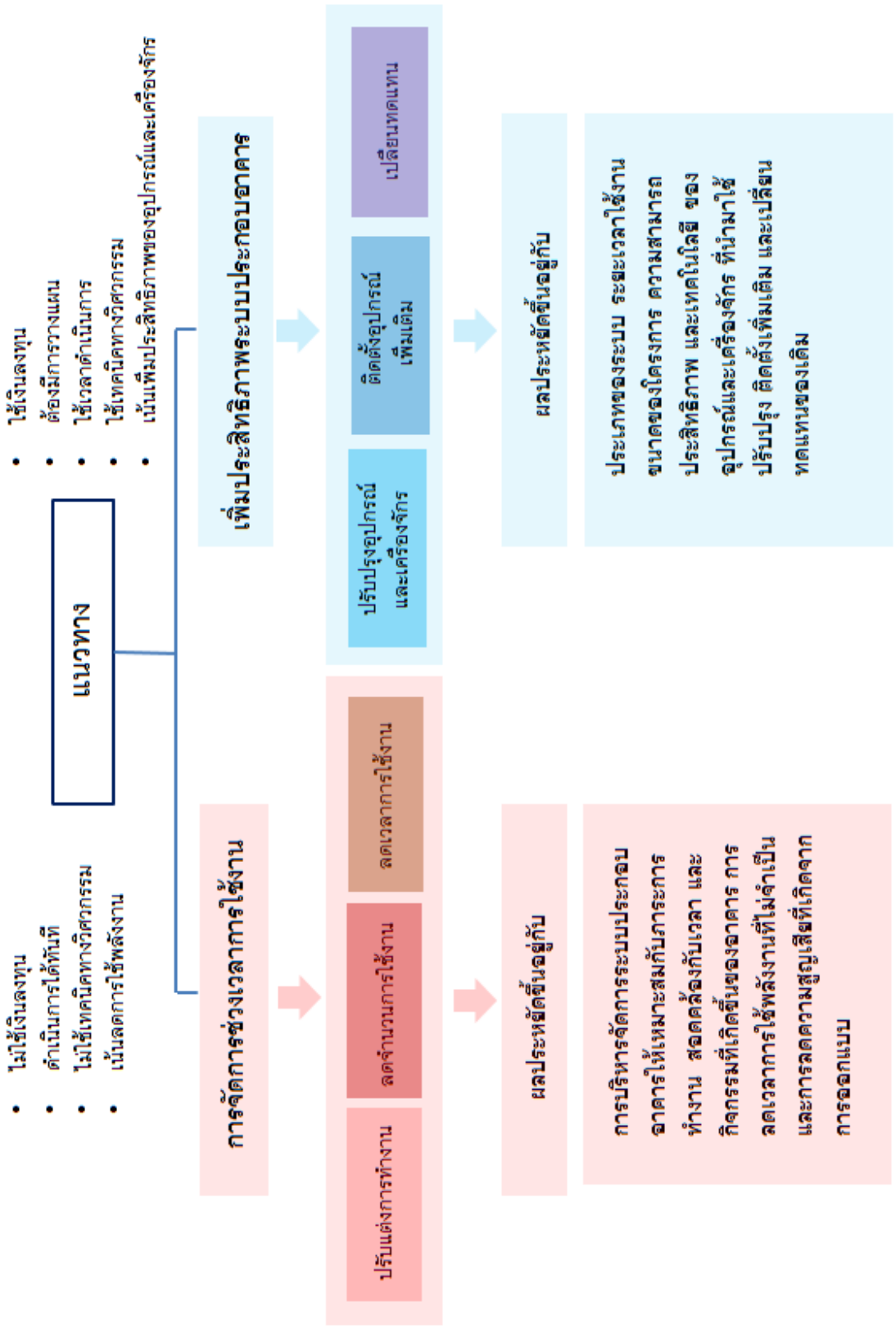
5.2 อภิปรายผลการศึกษา

5.2.1 แนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า

จากการศึกษาที่ได้ พบว่าแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้าที่ใช้จะมีการดำเนินการ 2 แนวทาง คือ แนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร โดยการจัดการใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับกิจกรรมในการใช้งานของอาคาร ซึ่งเป็นแนวทางที่ไม่ต้องมีการลงทุนใด ๆ สามารถดำเนินการได้ทันที ไม่ใช้เทคนิคทางวิศวกรรม และเน้นลดการใช้พลังงาน ซึ่งจะประกอบด้วยกลุ่มมาตรการ 3 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการลดจำนวนการใช้งาน กลุ่มมาตรการลดเวลาการใช้งาน กลุ่มมาตรการปรับแต่งการทำงาน และแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบประกอบอาคาร โดยการปรับปรุง ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์และเครื่องจักร เพื่อทำให้อุปกรณ์และเครื่องจักรมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งเป็นแนวทางที่มีการใช้เงินลงทุน ต้องมีการวางแผน ใช้เวลาในการดำเนินการ ใช้เทคนิคทางวิศวกรรม และเน้นการปรับปรุงประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ซึ่งจะประกอบด้วยกลุ่มมาตรการ 3 กลุ่มมาตรการ ได้แก่ กลุ่มมาตรการติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม กลุ่มมาตรการปรับปรุงอุปกรณ์และเครื่องจักร และกลุ่มมาตรการเปลี่ยนทดแทน ทั้งนี้การพิจารณาใช้แนวทางใดจะขึ้นอยู่กับความพร้อมทั้งทางด้านบุคลากร เงินทุน สภาพการใช้งานพลังงานเดิมของอาคาร และความคุ้มค่าในการดำเนินมาตรการ ดังแผนผังที่ 5.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนผังที่ 5.1 แนวทางการประหยัดพลังงาน



5.2.2 ผลการประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทาง

แนวทางการประหยัดพลังงานโดยการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร โดยใช้การบริหารจัดการในการใช้งานเครื่องจักร และอุปกรณ์ต่าง ๆ ผลการประหยัดจะมีจุดจำกัดตามข้อจำกัดของอาคารขึ้นอยู่กับประเภท ความสามารถ ประสิทธิภาพของระบบประกอบอาคาร กิจกรรมในการใช้งานของอาคาร และเวลาในการใช้งานระบบประกอบอาคาร ซึ่งการบริหารจัดการจะต้องคำนึงถึงผลที่ได้รับในภาพรวม ไม่ส่งผลกระทบต่อการให้บริการ และความสะดวกสบายของผู้ใช้บริการ ส่วนแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบประกอบอาคาร ผลประหยัดจะขึ้นอยู่กับประเภทของระบบประกอบอาคาร ระยะเวลาการใช้งาน ขนาดของโครงการ และความสามารถประสิทธิภาพ และเทคโนโลยี ของอุปกรณ์ที่นำมาติดตั้งเพิ่มเติมให้กับระบบประกอบอาคารประเภทต่าง ๆ โดยแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ จะมีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพด้านพลังงานมากกว่าแนวทางการบริหารจัดการ โดยเฉพาะระบบปรับอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งมีการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ ดังตารางที่ 5.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 5.1 ผลการประหยัดพลังงานของแต่ละแนวทาง

กลุ่มมาตรการ	มาตรการดำเนินงาน	เงื่อนไขในการดำเนินงาน	ผลประหยัดพลังงาน	ระบบประกอบอาคาร
ปรับเปลี่ยนพฤติกรรม	การปิดหน้าต่างเครื่องปรับอากาศให้สนิทตลอดเวลาที่ใช้งาน	ต้องคำนึงถึงคุณภาพอากาศภายในอาคารด้วย	ระบบเครื่องปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศ
	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างปิดไฟทันทีที่ไม่ใช้งาน		ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
ติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติม	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างติดตั้งสวิตช์ไฟแยกตามโซนพื้นที่	ระบบจัดการแสงสว่างต้องมีการควบคุมการเปิดปิดไฟแยกตามโซนพื้นที่	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
	ระบบปรับอากาศติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	ระบบจัดการพลังงานต้องสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องปรับอากาศได้	ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศ
ปรับปรุงอุปกรณ์และระบบเดิมของอาคาร	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเปลี่ยนหลอดไฟเป็นชนิดประหยัดพลังงาน	ต้องมีการตรวจสอบการใช้งานของหลอดไฟและบัลลาสต์ก่อนการเปลี่ยนทุกครั้ง	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
	ระบบปรับอากาศปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ	ต้องมีการตรวจสอบการใช้งานของเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุงทุกครั้ง	ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศ
เปลี่ยนแปลงพฤติกรรม	ระบบปรับอากาศปรับอุณหภูมิของเครื่องปรับอากาศให้สูงขึ้น	ต้องคำนึงถึงความสบายของผู้ใช้งานเป็นหลัก	ระบบปรับอากาศ	ระบบปรับอากาศ
	ระบบไฟฟ้าแสงสว่างปิดไฟทันทีที่ไม่ใช้งาน		ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

5.2.3 การประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานควรจะเริ่มจากการแนวทางการจัดการช่วงเวลาการใช้งานระบบประกอบอาคาร โดยการจัดการใช้งานเครื่องจักร อุปกรณ์ต่าง ๆ ได้แก่ การปรับแต่งการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็น และการปรับเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) โดยการจัดลำดับการใช้งานเครื่องจักรให้สอดคล้องกับปริมาณความร้อนที่เกิดขึ้นภายในอาคาร ช่วงเวลาในการใช้งานของอาคาร และฤดูกาล เนื่องจากความต้องการในการปรับอากาศจริงของแต่ละอาคาร จะแปรเปลี่ยนไปตามเวลา อุณหภูมิแวดล้อมภายนอก และจำนวนคนที่เข้ามาใช้อาคาร ส่วนการลดจำนวนการใช้งาน และลดเวลาการใช้งานของระบบประกอบอาคาร การดำเนินงานจะต้องไม่มีผลกระทบต่อการความปลอดภัยของผู้ใช้งาน และมาตรฐานระดับความส่องสว่างในอาคาร ต้องทำให้สภาพแวดล้อมที่ให้ความสบาย และดีต่อสุขภาพของผู้ใช้อาคาร ซึ่งอาจไม่สามารถทำได้ในทุกกรณี จะสามารถทำได้ก็ต่อเมื่อได้เมื่ออยู่ในเงื่อนไขของการสำรวจอย่างรอบคอบแล้วว่าความสว่างในพื้นที่นั้นสูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ในมาตรฐาน และเมื่อทบทวนแล้วว่าระบบแสงสว่างที่เป็นอยู่ในปัจจุบันมีค่าการออกแบบไม่สอดคล้องกับการใช้งาน หรือมีการเปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์ของการใช้พื้นที่ในภายหลัง ซึ่งแนวทางดังกล่าวไม่ต้องมีการลงทุนใด ๆ และสามารถดำเนินการได้ทันที หลังจากนั้นก็เป็นแนวทางการแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพระบบประกอบอาคาร โดยการปรับปรุงอุปกรณ์ และระบบต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งใช้เงินลงทุนไม่มากนัก ได้แก่ การปรับเปลี่ยนหลอดที่มีประสิทธิภาพสูงทดแทนหลอดที่มีประสิทธิต่ำ เนื่องจากปัจจุบันเทคโนโลยีของหลอดมีประสิทธิภาพสูงขึ้น และอาจเริ่มจากพื้นที่ไม่มากก่อนเพื่อทดสอบผลการดำเนินการและจึงขยายโครงการต่อไป และต่อไปก็ไปจึงเป็นการเปลี่ยนอุปกรณ์และเครื่องจักรทดแทนของเดิมที่มี โดยใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง ซึ่งจะใช้เงินลงทุนสูง เนื่องจากเป็นการปรับเปลี่ยนเครื่องจักร หรือนำระบบที่มีเทคโนโลยีสูงกว่ามาทดแทน จึงต้องมีการศึกษาข้อมูลอย่างละเอียด ซึ่งในการดำเนินการต้องมีการเตรียมการที่ดี เพื่อไม่ให้เกิดการสะดุดติดขัดในการใช้งานอาคารตามปกติ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5.3 ประโยชน์ที่ได้รับจากการทำวิจัย

- ทำให้ทราบถึงลักษณะของกลุ่มมาตรการประหยัดพลังงานที่มีการดำเนินการในศูนย์การค้า
- ทำให้ได้ทราบถึงระดับผลประหยัดของแต่ละมาตรการ เพื่อจะได้ใช้เป็นข้อมูลในการพิจารณาดำเนินการในอนาคต

5.4 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาแนวทางการประหยัดพลังงานของศูนย์การค้า โดยใช้ข้อมูลประมาณการผลประหยัดที่ได้จากรายงานการจัดการพลังงานประจำปี มาใช้ในการวิเคราะห์ จึงควรที่จะมีการศึกษาผลการประหยัดพลังงานอีกครั้งหลังจากมาตรการได้ดำเนินการไปในระยะเวลาหนึ่ง

รายการอ้างอิง

1. บรรจงสิริ, พ., การดำเนินงานดูแลบำรุงรักษาระบบประกอบอาคารประเภทศูนย์การค้า : กรณีศึกษา 4 อาคาร, in สถาปัตยกรรมศาสตร์. 2555, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
2. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารศูนย์การค้า. 2550.
3. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, คู่มือการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานในระดับสากล *ISO* 50001. 2557.
4. โชติพานิช, เ., การบริหารทรัพยากรกายภาพหลักการและทฤษฎี. 2553, กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
5. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยอาคารควบคุม. 2549.
6. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน. 2548.
7. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, การจัดการพลังงานไฟฟ้า. 2550.
8. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, การจัดการพลังงานไฟฟ้า. 2546.
9. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, คู่มือชุดความรู้การอนุรักษ์พลังงานสำหรับห้างสรรพสินค้า. 2548.
10. กรมพัฒนาและส่งเสริมพลังงาน, คู่มือพัฒนาบุคลากรภาคปฏิบัติด้านเทคโนโลยีการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่าง. 2553.

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก.

ตารางภาคผนวก ก. ค่าระดับความส่องสว่าง (Illuminance) สำหรับพื้นที่ทำงานและกิจกรรมต่าง ๆ ภายในอาคารตามมาตรฐาน TIEA-GD 003 ของสมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม	$\bar{E}_m$Lux	UGR_L	$R_{a(min)}$	หมายเหตุ
พื้นที่ภายในอาคารทั่วไป				
โถงนั่งพัก	200	22	80	
พื้นที่ทางเดินภายในอาคาร	100	28	40	ระหว่างทางเข้า-ออก ระวังการเปลี่ยนระดับความส่องสว่างทันที
บันได บันไดเลื่อน ทางเลื่อน	150	25	40	
ห้องพักผ่อนทั่วไป	100	22	80	
ห้องน้ำ ห้องสุขา ห้องรับฝากของ	200	25	80	
ห้องเก็บของ	50	25	60	
อาคารสำนักงาน				
พื้นที่เก็บเอกสาร ถ่ายเอกสาร และพื้นที่ทั่วไปที่มีการสัญจร	300	19	80	
พื้นที่ที่มีการเขียน พิมพ์ อ่าน ใช้คอมพิวเตอร์และ data procesing	500	19	80	
พื้นที่สำหรับเขียนแบบ	750	16	80	
ห้องประชุม	300	19	80	
พื้นที่เคาว์เตอร์ประชาสัมพันธ์ ต้อนรับ	300	22	80	
พื้นที่ขาย (ขนาดเล็ก)	300	22	80	
พื้นที่ขาย (ขนาดใหญ่)	500	22	80	
พื้นที่เก็บเงิน / ห่อ บรรจุ	500	19	80	
ห้องอาหารและโรงแรม				
พื้นที่ต้อนรับ เคาว์เตอร์เก็บเงิน บริการของโรงแรม	300	22	80	
ครัว	500	22	80	
พื้นที่ภัตตคาร ห้องอาหาร ห้องจัดเลี้ยง	200	22	80	
ห้องอาหารแบบปุฟเฟต์	300	22	80	
ห้องจัดงานประชุม สัมมนา	500	19	80	ระบบแสงสว่างควรจะเป็นระบบปรับหรี่ได้
พื้นที่ทางเดิน	100	25	80	ความส่องสว่างในเวลากลางคืนสามารถต่ำลงได้

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ภาคผนวก ข.

ตารางภาคผนวก ข. คุณสมบัติโดยประมาณของหลอดชนิดต่างๆ

ชนิดของหลอดไฟ	ช่วงกำลังที่มี (วัตต์)	คุณสมบัติของหลอด					
		ปริมาณแสงที่ให้ (ลูเมน, lm)	ความเข้มการส่องสว่าง (แคนเดลา, Cd)	ประสิทธิภาพของการส่องสว่าง (ลูเมน/วัตต์, lm/W)	อุณหภูมิสี (เคลวิน, K)	ดัชนีความถูกต้องของสี	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
1. หลอดอินแคนเดสเซนต์							
# หลอดไส้ธรรมดา	15 - 200	90 - 3,150		5 - 12	2,500 - 2,700	100	1,000
# หลอดไส้ฟลักซ์การส่องสว่างสูง	25 - 300	210 - 1,300	180 - 40,000	8 - 13	2,500	100	1,000
- ชนิดมีตัวสะท้อนแสง							
# หลอดไส้ทังสเตน-ฮาโลเจน							
- แรงดันปกติ	40 - 2,000	490 - 44,000	300 - 48,000 (เฉพาะที่มีตัวสะท้อนแสง)	12 - 22	2,800 3,000		1,500 - 3,000
- แรงดันต่ำ	5 - 150	60 - 3,200		12 - 22			2,000 - 3,000
2. หลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ							
# หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา	10 - 58	450 - 4,600		45 - 80	2,700 - 6,500	60 - 80	8,000 - 10,000
- ชนิดตรง (T8)	22 - 40	1,350 - 2,800		60 - 70	2,700 - 6,500	60 - 80	5,000 - 8,000
- ชนิดกลม (T9)							
# หลอดฟลูออเรสเซนต์ฟลักซ์การส่องสว่างสูง	18 - 58	1,300 - 5,200		73 - 93	2,700 - 6,500	80 - 90	8,000 - 10,000
- ชนิดตรง (T8)	14 - 54	1,300 - 5,200		90 - 93	2,700 - 6,500	80 - 90	10,000 - 12,000
- ชนิดตรง (T5)							
# หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์							
- ชนิดมีบัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์ในตัว	5 - 23	200 - 1,500		40 - 65	2,700 - 6,500	80 - 90	7,500 - 10,000
- ชนิดมีบัลลาสต์แกนเหล็กในตัว	9 - 25	350 - 1,200		35 - 50	2,700 - 6,500	80 - 90	7,500 - 10,000
- ชนิดไม่มีบัลลาสต์ในตัว	5 - 55	250 - 3,200		40 - 80	2,700 - 6,500	80 - 90	7,500 - 10,000
# หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ	18 - 180	1,800 - 32,000		100 - 180	2,000	0 - 20	22,000 - 24,000
3. หลอดปล่อยประจุความดันไอสูง							
# หลอดไอปรอทแบบใช้บัลลาสต์	50 - 1,000	1,800 - 58,000		30 – 60	3,000 - 4,200	40 - 60	20,000 - 24,000
# หลอดไอปรอทแบบไม่ใช้บัลลาสต์	80 - 160						
# หลอดโซเดียมความดันไอสูง	35 - 1,000	2,400 - 130,000		70 - 130	2,000 - 2,200	30 - 50	18,000 - 24,000
# หลอดเมทัลฮาไลด์	35 - 2,000	2,400 - 240,000		60 - 120	2,900 - 6,000	60 - 90	8,000 - 15,000

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ตารางภาคผนวก ข. การเลือกใช้งานหลอดแบบต่างๆ

ชนิดของหลอดไฟ	ลักษณะการใช้งานที่นิยมโดยทั่วไป											
	ให้แสงสว่างในบ้านพักอาศัย	ให้แสงสว่างในห้องสำนักงาน	ให้แสงสว่างฉายภายในอาคารสูง,โรงงาน	ให้แสงสว่างภายนอกอาคาร	ให้แสงสว่างไฟถนน	ให้แสงสว่างตกแต่งประดับ	ไปส่องอาคารส่องวัตถุสูง	ไฟส่องในระยะไกล	ไฟส่องสินค้าห้องแสดงสินค้า	ไฟแสงสว่างในห้องอาหาร	ไฟส่องสว่างในสนามกีฬา	ไฟส่องสว่างในที่สาธารณะ
1. หลอดอินแคนเดสเซนต์ # หลอดไส้ธรรมดา	○					○			○	○		
# หลอดไส้ฟลักซ์การส่องสว่างสูง - ชนิดมีตัวสะท้อนแสง	○	○							○	○		
# หลอดไส้ทังสเตน-ฮาโลเจน - แรงดันปกติ - แรงดันต่ำ	○							○	○	○		
2. หลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ # หลอดฟลูออเรสเซนต์ธรรมดา - ชนิดตรง (T8) - ชนิดกลม (T9)	○	○	○	○	○				○	○		○
# หลอดฟลูออเรสเซนต์ฟลักซ์การส่องสว่างสูง - ชนิดตรง (T8) - ชนิดตรง (T5)	○	○	○	○	○				○	○		
# หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์ - ชนิดมีบัลลาสต์อิเล็คทรอนิกส์ในตัว - ชนิดมีบัลลาสต์แกนเหล็กในตัว - ชนิดไม่มีบัลลาสต์ในตัว	○	○	○	○		○				○		○
# หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ			○	○	○							
3. หลอดปล่อยประจุความดันไอสูง # หลอดไอปรอมแบบใช้บัลลาสต์ # หลอดไอปรอทแบบไม่ใช้บัลลาสต์			○	○	○							○
# หลอดโซเดียมความดันไอสูง			○	○	○		○	○			○	○
# หลอดเมทัลฮาไลด์			○	○			○	○	○		○	○

ที่มา: สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย

ภาคผนวก ค.

ตารางภาคผนวก ค. อัตราการระบายอากาศมาตรฐานที่ใช้ในการออกแบบ

พื้นที่	อัตราการระบายอากาศลูกบาศ์กฟุตต่อคน
พื้นที่สำนักงาน	20
ร้านอาหารและภัตตราคาร	20
ผับ บาร์	30
ห้องพักในโรงแรม	30 (ต่อห้อง)
ห้องประชุม	15-20
ห้องในโรงพยาบาล	25
ห้องผ่าตัด	30
พื้นที่สูบบุหรี่	60
ร้านทำผม	25
ซุปเปอร์มาร์เก็ต	15
ห้องเรียน	15
ห้องทดลอง	20
ร้านขายของ	15

ที่มา : ASHRAE 1989 ANSI/ASHRAE Standard 62-198, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ นายพลสัณห์ นำหน้ากองทัพ

เกิด 4 พฤศจิกายน 2514

การศึกษา

- ระดับอุดมศึกษา วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี มหานคร
- เข้าศึกษาหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาสถาปัตยกรรม คณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีการศึกษา 2556

การทำงาน

- ผู้จัดการแผนกซ่อมบำรุง กองอาคารสถานที่ มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ปี พ.ศ.2539 - 2553
- ผู้จัดการแผนกบริการวิศวกรรม บริษัท พาราไดซ์ พาร์ค จำกัด ปี พ.ศ.2553 – ปัจจุบัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University