การวิเคราะห์และประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

AN ANALYSIS AND EVALUATION ELECTRICAL ENERGY CONSERVATION IN PRASARNMIT SECONDARY DEMONSTRATION SCHOOL

นางสาวโชษิตา ปุสสะรังษี

นายณฤทธิพงศ์ นิลประภาพร

นายนภดล นาคมี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปีการศึกษา 2559

การวิเคราะห์และประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

AN ANALYSIS AND EVALUATION ELECTRICAL ENERGY CONSERVATION IN PRASARNMIT SECONDARY DEMONSTRATION SCHOOL

นางสาวโชษิตา ปุสสะรังษี
นายณฤทธิพงศ์ นิลประภาพร
นายนภดล นาคมี

โครงงานวิศวกรรมนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

โครงงานวิศวกรรม

เรื่อง

การวิเคราะห์และประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิต
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

ของ

นางสาวโชษิตา ปุสสะรังษี

นายณฤทธิพงศ์ นิลประภาพร

นายนภดล นาคมี

ได้รับอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

....คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.เวคิน ปิยรัตน์)

คณะกรรมการสอบโครงงานวิศวกรรม

....ประธาน
(อาจารย์ ดร.ธนาธิป สุ่มอิ่ม)

....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.คมกฤษ ประเสริฐวงษ์)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ)

การวิเคราะห์และประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ปีการศึกษา 2559

โดย

นางสาวโชษิตา ปุสสะรังษี

นายณฤทธิพงศ์ นิลประภาพร

นายนภดล นาคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ

บทคัดย่อ

โครงงานวิศวกรรมนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร(ฝ่ายมัธยม) ในการศึกษานี้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์(T-8) จะถูกแทนที่ด้วยหลอดไฟ LED นอกจากนี้ ยังมีหลอด LED bulb และหลอด High bays LED อีกด้วย ผลที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงแสดงให้เห็นว่าพลังงานไฟฟ้าจะมีการสิ้นเปลืองลดลงอย่างมากเมื่อมีการนำเอาเทคโนโลยี LED มาใช้ระยะเวลาการคืนทุนภายใต้การศึกษานี้จะอยู่ที่ประมาณ 1.94 ปี แสดงให้เห็นถึงการลงทุนที่ ชาญฉลาดในการเปลี่ยนแปลงระบบแสงสว่าง นอกจากนี้ ก๊าซเรือนกระจกสามารถลดลงได้โดยการนำเอาเทคโนโลยี LED มาใช้ให้เกิดประโยชน์

คำสำคัญ: พลังงานไฟฟ้า เทคโนโลยีLED ระยะเวลาคืนทุน และก๊าซเรือนกระจก

AN ANALYSIS AND EVALUATION ELECTRICAL ENERGY CONSERVATION IN PRASARNMIT SECONDARY DEMONSTRATION SCHOOL.

Academic Year 2016

By		Advisor
Ms. Chosita	Pussarungsi	Asst. Prof. Pathomthat Chiradeja, Ph.D
Mr. Narittipong	Ninprapaporn	
Mr. Napadol	Nakmee	

Abstract

This project in to investigate and energy the electrical energy usage in the Prasarnmit Secondary Demonstration school. The Fluorescent tube (T-8) has been replaced with LED tube in this study. In addition, LED tube bulb and LED High bays are also under study.The results change present that the end of electrical energy is significantly reduced with the inclusion of LED technology.The payback period under this study in around 1.94 years which represents an excellent investment to replace lighting system.Furthermore, the greenhouse gases can be reduced with the inclusion of LED technology.

Keyword: Electrical energy LED technology Payback period and Greenhouse gases

กิตติกรรมประกาศ

ผู้จัดทำขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปฐมทัศน์ จิระเดชะ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานที่คอยให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการทำโครงงานรวมไปถึงติดตามงานจนทำให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (ฝ่ายมัธยม) และเจ้าหน้าที่ทุกคน ที่อนุเคราะห์ให้เข้าใช้สถานที่ เพื่อทำการสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าและให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณอาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าทุกท่านที่ท่านได้ให้ความรู้ ความร่วมมือในการให้ข้อมูล ความช่วยเหลือ และข้อเสนอแนะต่าง ๆ ให้กับคณะผู้จัดทำโครงงาน ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ท้ายที่สุดนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณทุกคนในครอบครัวที่ให้การสนับสนุนให้กำลังใจในการศึกษาตลอดมาและหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงงานวิศวกรรมนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจนำไปศึกษา ความดีและประโยชน์ใด ๆ จากโครงงานวิศวกรรมนี้ ขอมอบให้กับผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้กล่าวมาทั้งหมด

คณะผู้จัดทำโครงงาน

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
รายการสัญลักษณ์	ซ
ประมวลคำย่อ	ฌ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบแสงสว่าง	3
2.1.1 การกำเนิดของแสง	4
2.1.2 หน่วยวัดทางแสงและการคำนวณค่าปริมาณทางแสง	5
2.1.3 การวัดค่าความส่องสว่าง	11
2.1.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลอดไฟ	13
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
2.2.1 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	23
3.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ใช้	23
3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน	23
3.3 แผนผังแสดงการดำเนินงาน	24
3.4 ระยะเวลาการทำโครงงาน	25

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน	26
4.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะอาคาร	26
4.1.1 ข้อมูลทั่วไป	26
4.2 รายละเอียดการตรวจวัดระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	26
4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง	27
4.3.1 อาคารวิทยวิโรฒ	27
4.3.2 อาคาร 5	27
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	30
4.4.1 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอด LED	30
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	32
5.1 สรุปผลการดำเนินงาน	32
5.1.1 อาคารวิทยวิโรฒ	32
5.1.2 อาคาร 5	33
5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน	33
5.3 ข้อเสนอแนะ	33
เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	35
ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน	72

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ความยาวคลื่นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้	4
2.2 ปริมาณ หนวยวัด และสัญลักษณทางแสง	6
2.3 ค่าฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า	7
2.4 ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด	8
2.5 สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ	10
2.6 สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุตามสีของวัตถุ	10
2.7 ค่าความส่องสว่างกับพื้นที่และกิจกรรมประเภทต่างๆ	12
3.1 ระยะเวลาการทำโครงงาน	25
4.1 รายละเอียดการตรวจวัดระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า	26
4.2 การคำนวณการประหยัดพลังงาน	27
4.3 การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคารวิทยวิโรฒ	28
4.4 การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคาร 5	28
4.5 การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคาร 2	29
4.6 การเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคารเฉลิมพระเกียรติ	29
4.7 การเปรียบเทียบค่าความสว่างของอาคารที่ทำการเปลี่ยนเป็น หลอดไฟ LED	30
4.8 ตารางแสดงการคำนวณการลงทุนเพื่อประหยัดพลังงาน	31
5.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความสว่างเฉลี่ย	32

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

2.1 สีตางๆที่ประกอบเปนแสงที่ตามนุษยสามารถมองเห็นได	3
2.2 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง หรือ “ลักซ์มิเตอร์”	11
2.3 หลอด LED ประเภท Replacement Lamp	15
2.4 หลอด LED ประเภท Down light	16
2.5 หลอด LED ประเภท Accent & Track light	16
2.6 หลอด LED ประเภท Furniture Application	17
2.7 หลอด LED ประเภท ตู้แช่ , ตู้เย็นโชว์สินค้า	17
2.8 หลอด LED ประเภท Cove light	18
2.9 หลอด LED ประเภท กล่องไฟ หรือ ป้ายไฟโฆษณา	19
3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงาน	24

รายการสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	คำอธิบาย	หน่วย
A	พื้นที่	m^2
E	ค่าความส่องสว่าง	(Lumen/m^2) หรือ Lux, lx
h_m	ระยะห่างจากระนาบใช้งานถึงโคม	m
L	ความยาวของห้อง	m
MF	ตัวประกอบบำรุงรักษา	-
n	จำนวนหลอด	หลอด
UF	ตัวประกอบการใช้งานของโคม	-
W	ความกว้างของห้อง	m
Φ	ฟลักซ์การส่องสว่าง	lm

ประมวลคำย่อ

คำย่อ	คำอธิบาย
LED	อุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ให้แสงสว่างได้เมื่อกระแสไฟฟ้าผ่าน
MF	การบำรุงรักษาระบบแสงสว่างอย่างเป็นระบบ
RCR	อัตราส่วนของโพรงห้อง
UF	การเลือกใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูง มีลักษณะการกระจายแสงเหมาะสมกับสถานที่ที่ติดตั้งใช้งาน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ และแหล่งกำเนิดของพลังงานนั้นค่อนข้างมีอยู่อย่างจำกัด โดยเฉพาะปัจจุบันพบว่ามีความต้องการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นอย่างมาก ซึ่งการนำเทคโนโลยีมาใช้เพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ที่ได้รับให้มากที่สุด และผู้ใช้ต้องให้ความสำคัญกับการใช้พลังงานเนื่องจากในปัจจุบันราคาของพลังงานมีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้น สำหรับอาคารขนาดใหญ่จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณที่สูงมาก สามารถนำเอาเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานมาใช้เพื่อลดพลังงานที่สูญเสียไปโดยไม่จำเป็น โดยใช้กับระบบต่างๆภายในอาคาร อาทิ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบไฟฟ้าอื่นๆภายในอาคาร เพื่อลดการสูญเสียโดยไม่จำเป็นของพลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆในอาคาร และลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นภายในอาคารอีกด้วย การนำเอาเทคโนโลยีมาใช้เพื่อการประหยัดพลังงานนั้นจำเป็นต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อประหยัดพลังงานนั้นสามารถประหยัดพลังงานได้จริงหรือไม่

ดังนั้น ทางผู้จัดทำโครงงานได้เห็นถึงปัญหาที่เกิดขึ้น จึงสนใจจัดทำโครงงาน “ การวิเคราะห์และประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) โดยทำการวิเคราะห์และศึกษาแนวทางพร้อมทั้งกำหนดและวางมาตรการการจัดการพลังงานให้เหมาะสมเพื่อที่จะทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำการตรวจสอบประเมินค่าประสิทธิภาพของพลังงานไฟฟ้าสูงสุดและค่าใช้จ่ายสูงสุดในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1. เพื่อสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.2.2. เพื่อศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในด้านต่างๆ ภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.2.3. เพื่อวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง ภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.2.4 เพื่อใช้ข้อมูลเป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการระบบต่างๆ ภายในอาคารให้เกิดประสิทธิภาพและประหยัดพลังงานไฟฟ้าให้มากที่สุด

1.2.5 เพื่อตรวจสอบเทคโนโลยีการประหยัดพลังงานที่ได้ทำการเปลี่ยนแปลงไปแล้วในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 สำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง ภายในอาคารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.3.2 วิเคราะห์แนวโน้มของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อน – หลัง การวางแผนการกำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.3.3 ประเมินความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และความต้องการของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ทราบถึงการใช้พลังงานที่แท้จริงภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) ซึ่งจะเป็นข้อมูลเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน

1.4.2 สามารถนำข้อมูลที่ได้จากศึกษามาเป็นแนวทางในการการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารอื่นๆในมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

1.4.3 สามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์และสร้างจิตสำนึกด้านการประหยัดพลังงานให้แก่บุคลากรภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

1.4.4 ทำให้ทราบว่าเมื่อเวลาผ่านไปเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อประหยัดพลังงานนั้นสามารถประหยัดพลังงานได้จริงหรือไม่

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

โครงงาน “การประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)” ได้ศึกษาแนวคิดการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า และทฤษฎีต่างๆที่นำมาประกอบเป็นความรู้ในการทำโครงงาน ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร มีหลายระบบ เช่น ระบบแสงสว่าง ระบบปรับอากาศ และระบบขนส่ง โดยงานการวิจัยนี้มีการวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยวิธีการสำรวจการใช้พลังงานภายในอาคาร โดยการสำรวจนั้นจะสำรวจในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เพื่อวิเคราะห์การใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่างและนำแนวทางในการประหยัดพลังงานที่เหมาะสมกับระบบในแต่ละระบบมาใช้ในการดำเนินการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เช่น ในระบบไฟฟ้าแสงสว่างมีการใช้แนวทางการอนุรักษ์พลังงานโดยการเปลี่ยนและติดตั้งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ และแนวทางการบำรุงรักษาอุปกรณ์ภายในระบบเพื่อยืดอายุการใช้งานและทำให้อุปกรณ์ต่างๆทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น จึงได้มีการทำการคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้าเปรียบเทียบจากการประหยัดพลังงานทั้งก่อนและหลัง และประเมินความเป็นไปได้ทางวิศวกรรม วิเคราะห์ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร

2.1 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับระบบแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ แสงสว่างมีทั้งในส่วนที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ เช่น แสงสว่างจากดวงอาทิตย์ แสงสว่างจากดวงจันทร์หรือดวงดาวต่างๆ เป็นต้น แสงสว่างเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่งที่มีลักษณะเป็นคลื่น สามารถเคลื่อนที่ได้เหมือนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า มีคุณสมบัติที่ทำให้ตามนุษย์สามารถมองเห็นแสงสว่างสีต่างๆได้ การที่มนุษย์สามารถมองเห็นแสงสีต่างๆได้ขึ้นอยู่กับความยาวคลื่นของแสงสว่างสีที่ตกกระทบตาว่าอยู่ที่ช่วงความยาวคลื่นของแสงสว่างที่เท่าไร แสงนั้นมีความยาวคลื่นอยู่ระหวาง 380 – 780 นาโนเมตร ตามนุษยสามารถแจกแจงแสงออกเปนสีตางๆ ตามความยาวคลื่นที่มนุษย์มองเห็นไดตั้งแต สีแดงซึ่งมีความยาวคลื่นยาวสุด (ความถี่ต่ำสุด) สีสม, สีเหลือง, สีเขียว, สีน้ำเงิน สีคราม จนกระทั่งถึงสีมวง ซึ่งมีความยาวคลื่นสั้นสุด

รูปที่ 2.1 สีตางๆที่ประกอบเปนแสงที่ตามนุษยสามารถมองเห็นได

ที่มา: ตำราอบรม“ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสด้านปฏิบัติ”

ตารางที่ 2.1 แสดงความยาวคลื่นแสงที่ตามนุษย์สามารถมองเห็นได้
ที่มา: ตำราอบรม“ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสด้านปฏิบัติ”

สี	ช่วงความยาวคลื่น(nm)
แดง	630-780
ส้ม	600-630
เหลือง	565-600
เขียว	500-565
น้ำเงิน	435-500
ม่วง	380-435

2.1.1 การกำเนิดของแสง

2.1.1.1 อินแคนเดสเซนต์ (Incandescence)

เป็นการให้กำเนิดแสงด้วยวิธีการเผาวัตถุให้ร้อน เช่น การเผาไส้เทียนไข การเผาไส้ทังสเตนของหลอดไส้ธรรมดา การเปล่งแสงวิธีนี้จะให้สเปกตรัมของแสงครบทุกสี และมีความต่อเนื่อง (Continuous Spectral Power Distribution) แต่ว่าค่าพลังงานของแสงในช่วงความยาวคลื่นโทนสีแดงจะมากกว่าโทนสีน้ำเงิน ซึ่งสามารถสังเกตได้จากหลอดไส้ธรรมดา ส่วนหลอดฮาโลเจนรุ่นมาสเตอร์ไลน์ (Masterline) ค่าพลังงานในช่วงความยาวคลื่นจะมีสีน้ำเงินมากขึ้น แสงที่ได้จึงขาวกว่าหลอดไส้ธรรมดา ตัวอย่างหลอดที่ใช้หลักการนี้ เช่น หลอดไส้ธรรมดา หลอดอาร์เจนต้าซุปเปอร์ลักซ์หลอดเปรียบเทียบสี หลอดฟิลิเนีย หลอดปิงปอง หลอดจำปา หลอดสะท้อนแสงชนิดกระจกบาง(Spotline) และชนิดกระจกหนา(PAR) หลอดฮาโลเจนชนิดต่างๆ เป็นต้น

2.1.1.2 ลูมิเนสเซนต์ (Luminescence)

เป็นการให้กำเนิดแสงด้วยการกระตุ้นอะตอมของก๊าซที่บรรจุภายในหลอดให้เกิดพลังงานออกมาในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทั้งที่สามารถมองเห็นและที่ไม่สามารถมองเห็น หลอดก๊าซดิสชาร์จ(Gas Discharge Lamp) แสงที่ได้จากการกระตุ้นอะตอมก๊าซนี้มีไม่ครบทุกสีเนื่องจากสเปคตรัมมีลักษณะเป็นช่วงๆ(Line or Band Spactrum) จึงมีความไม่ต่อเนื่อง(Discrets Spectrum Power Distribution) จะมีแสงสีใดมากหรือน้อยขึ้นกับว่าชนิดของก๊าซที่บรรจุภายในหลอดนั้นสร้างแถบสีของแสง

ใดมากที่สุด ตัวอย่างหลอดที่บรรจุก๊าซโซเดียมที่อะตอมจะให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงของแสงสีเหลือง ซึ่งตาของเราสามารถรับรู้ได้ เช่น หลอด High Pressure Sodium ตัวอย่างหลอดที่บรรจุก๊าซเมอร์คิวรี่ อะตอมของเมอร์คิวรี่จะให้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงของแสงอัลตร้าไวโอเลต ซึ่งให้แสงส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 185 lm และ 254 nm ดังนั้นในหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดประเภทหนึ่งซึ่งใช้สารเมอร์คิวรี่นี้ จึงต้องมีผงฟลูออเรสเซนต์เคลือบอยู่ด้านในของผิวหลอดเพื่อเปลี่ยนแสง UV ดังกล่าวให้เป็นแสงที่ตามองเห็นได้ คือ ระดับพลังงานจะถูกกระตุ้นไปที่สเปกตรัมในช่วง 405-577 nm แสงที่ได้จากหลอดฟลูออเรสเซนต์จะมีสีในโทน Warm Wihte (เหลือง) White (ขาว) หรือ Daylight (ขาว-ฟ้า) ก็ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของผงฟลูออเรสเซนต์ จึงจำเป็นต้องมีการเคลือบผิวด้านในของหลอดด้วยสารฟลูออเรสเซนต์ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ (LOW PRESSURE MECURY LAMP) เพื่อเปลี่ยนแสง UV ให้เป็นแสงที่ตามองเห็นได้

2.1.1.3 อินดักชั่น (Induction)

เป็นการพัฒนาการให้กำเนิดแสงโดยใช้หลักการของการเหนี่ยวนำคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) กับหลักการของก๊าซดิสชาร์จ(Gas Discharge) ผสมกัน ในขั้นแรกจะต้องเหนี่ยวนำให้เกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จากนั้นใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นตัวถ่ายพลังงานให้อะตอมของก๊าซเมอร์คิวรี่ที่บรรจุภายในหลอด เมื่ออะตอมของก๊าซถูกกระตุ้นจะปล่อยพลังงานออกมาเป็นแสงอัลตร้าไวโอเลต และจะผ่านสารเคลือบผิวหลอด ฟลูออเรสเซนต์ ออกมาเป็นแสงสีขาวที่เรามองเห็นได้ สเปกตรัมของหลอดที่ได้จากการอินดักชั่นจะไม่มีความต่อเนื่องเช่นเดียวกับหลอดก๊าซดิสชาร์จ ตัวอย่างหลอดที่ใช้หลักการนี้คือ หลอดคิวแอล (QL) ส่วนประกอบสำคัญของหลอด QL มีดังนี้

(1) Discharge QL มีดังนี้ เป็นหลอดแก้วที่เคลือบผิวด้านในด้วยผงฟลูออเรสเซนต์ เพื่อเปลี่ยนรังสี UV ให้เป็นแสงที่ตามองเห็นได้และเป็นที่บรรจุก๊าซเมอร์คิวรี่ แบบเดียวกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ทั่วไป

(2) Power Coupler ทำหน้าที่เสมือนเสาอากาศในการถ่ายทอดพลังงานจาก HF Generator เข้าสู่ Discharge Vessel เพื่อกระตุ้นอิเล็กตรอนของอะตอมเมอร์คิวรี่ ในระดับที่พอเหมาะ เมื่ออิเล็กตรอนกลับสู่สถานะปกติก็จะปล่อยแสง UV ออกมา

(3) HF Generator เป็นตัวกำเนิดสัญญาณความถี่สูง 2.65 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่พอเหมาะที่จะกระตุ้นอิเล็กตรอนเมอร์คิวรี่ HF Generator นี้จะต้องออกแบบมาเป็นอย่างดี ไม่ให้มีปัญหาต่อการรบกวนสัญญาณคลื่นวิทยุ อาจกล่าวได้ว่า HF Genertor นั้น เป็นเสมือนบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ของหลอด QL

2.1.2 หน่วยวัดทางแสงและการคำนวณค่าปริมาณทางแสง

หนวยวัดทางระบบไฟฟาแสงสวาง ตามลักษณะการใชงานทางดานวิศวกรรมไฟฟาแสงสวาง ที่สำคัญมีดวยกัน 4 ตัวแปร ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงปริมาณ หนวยวัด และสัญลักษณทางแสง
ที่มา: ตำราอบรม“ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอาวุโสด้านปฏิบัติ”

ปริมาณทางแสง	หน่วยวัดทางแสง	สัญลักษณ์
ฟลักซการสองสวาง (Luminous Flux)	ลูเมน (lm)	φ
ความเขมการสองสวาง (Luminous Intensity)	แคนเดลลา (cd)	I
ความสองสวาง (Illuminance)	ลักซ (lux)	E
ความสวาง (Luminance)	แคนเดลลาตอตารางเมตร (cd/m2)	L

2.1.2.1 ฟลักซการสองสวาง (Luminous Flux : φ)

คือ กำลังงานแสงทั้งหมดที่ปล่อยออกจาก แหล่งกำเนิดแสงใน 1 วินาทีคูณด้วยตัวคูณค่าความไวของตามนุษย์ มีหน่วยเป็น ลูเมน(lumen) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.1

$$\phi = 638 \int_{380}^{780} P_{\lambda} V_{\lambda} d\lambda \tag{2.1}$$

โดยที่ ϕ คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)

λ คือ ความยาวคลื่นแสง (m)

P_{λ} คือ กำลังงานของแสงที่ความยาวคลื่น λ เมตร

V_{λ} คือ ความไวของตามนุษย์ที่ความยาวคลื่น λ เมตร

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดไฟฟ้า

ชนิด	ฟลักซ์การส่องสว่าง (ลูเมน)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	100	1,380
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	20	1,200
หลอดฟลูออเรสเซนต์	36	2,650
หลอดโซเดียมความดันสูง	400	48,000
หลอดโซเดียมความดันต่ำ	180	32,500
หลอดปรอทความดันสูง	125	6,700
หลอดเมทัลฮาไลด์	1,800	155,000

2.1.2.2 ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Efficacy)
คือ อัตราส่วนของปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ให้แก่หลอด มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์ ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.2

$$Efficacy = \frac{\phi}{P} \tag{2.2}$$

โดยที่ Efficacy คือ ประสิทธิผลการส่องสว่าง (lm/W)
ϕ คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)
P คือ กำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่แหล่งกำเนิดแสง (W)

ตารางที่ 2.4 แสดงประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด

หลอด	ประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอด (lm/W)
หลอดอินแคนเดสเซนต์	13.8
หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์	60
หลอดฟลูออเรสเซนต์	73.6
หลอดโซเดียมความดันสูง	120
หลอดโซเดียวความดันต่ำ	180.6
หลอดปรอทความดันสูง	53.6
หลอดเมทัลฮาไลด์	86.1

จากตารางที่ 2.4 จะเห็นไดวาหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนตจะประหยัดพลังงานมากกวาหลอดอินแคนเดสเซนต ประมาณ 4 – 5 เทา ดังนั้นหากตองการประหยัดพลังงานดานระบบไฟฟาแสงสวางแลว ควรใชหลอดไฟที่มีคาประสิทธิผลการสองสวางสูง อยางไรก็ตามการเลือกชนิดของหลอดไฟฟาก็ควรคำนึงถึงคุณสมบัติที่แตกตางกัน ของหลอดแตละชนิดดวย เชน หากไมคำนึงถึงเรื่องความถูกตองของสีหลอดโซเดียมความดันต่ำเปนตัวเลือกที่ดีที่สุดในแงของการประหยัดพลังงาน

2.1.2.3 ความเขมการสองสวาง (Luminous Intensity: I)

คือ ความหนาแน่นของฟลักซ์ส่องสว่างในทิศทางหนึ่ง (ปริมาณแสงต่อมุมตัน) มีหน่วยเป็นแคนดาลา (cd) ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.3

$$I = \frac{d\phi}{d\omega} \tag{2.3}$$

โดยที่ I คือ ความเข้มการส่องสว่าง (*cd*)

ϕ คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง *(lm)*

ω คือ มุมตัน (Solid Angle) มีหน่วยเป็น Steradians (sr)

2.1.2.4 ความส่องสว่าง (Illuminance : E)

คือ ปริมาณแสงที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วย หรือฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นที่หนึ่งหน่วยมีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตรหรือลักซ์ (lux, lx) ซึ่งค่าความส่องสว่างนี้คำนวณได้จากสมการที่ 2.4

$$E = \frac{\phi}{A} \tag{2.4}$$

โดยที่ E คือ ความส่องสว่าง (lux , lx)

ϕ คือ ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)

A คือ พื้นที่ที่แสงตกกระทบ (m^2)

2.1.2.5 ความสว่าง (Luminance: L)

คือ ความเข้มการส่องสว่างจากพื้นผิวในทิศทางที่กำหนดต่อพื้นที่ผิวที่ปรากฏหรือหมายถึงความสว่างที่สะท้อนออกมาจากวัตถุมีหน่วยเป็นแคนเดลาต่อตารางเมตร(cd/m^2) ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.5

$$L = \frac{I}{A_p} \tag{2.5}$$

โดยที่ L คือ ค่าความสว่าง (cd/m^2)

I คือ ความเข้มการส่องสว่าง (cd)

A_p คือ พื้นที่ผิวที่ปรากฏ (m^2)

หากแสงที่ตกกระทบวัตถุมีปริมาณที่เทากัน คาความสวาง (L) ที่สะทอนออกมาจากวัตถุไมจำเปนที่จะตองมีคาที่เทากัน เนื่องจาก วัตถุแตละชนิดมีคาสัมประสิทธิ์การสะทอนแสงที่ไมเทากัน โดยคาสัมประสิทธิ์การสะทอนแสงของวัตถุจะขึ้นอยูกับชนิดของวัตถุและสีของวัตถุ

ตารางที่ 2.5 แสดงสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุ

ชนิด	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง
กระจกใส่	0.06-0.08
อิฐแดง	0.05-0.25
คอนกรีต	0.15.0.40
ปูนปลาสเตอร์	0.80

ตารางที่ 2.6 แสดงสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของวัตถุตามสีของวัตถุ

สี	สัมประสิทธิ์การสะท้อนแสง
ดำ	0.04
น้ำเงินเข้ม	0.05-0.10
เทาเข้ม	0.10-0.15
แดงเข้ม	0.10-0.15
ส้ม	0.25-0.35
เขียว	0.25-0.35
ฟ้าอ่อน	0.40-0.45
ชมพู	0.45-0.50
เหลืองอ่อน	0.55-0.65
ครีม	0.70-0.80
ขาว	0.70-0.80

2.1.2.6 การคำนวณความส่องสว่างแบบลูเมน (Lumen Method)

เหมาะสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณที่ต้องการความสม่ำเสมอของแสงทั่วทั้งพื้นที่ เช่น สำนักงาน สถาบันการศึกษาหรือโรงเรียน เป็นต้น ซึ่งการคำนวณแบบลูเมนนี้จะรวมผลของการสะท้อนแสงของเพดานกำแพงและพื้นด้วยซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6

$$E = \frac{n \times \phi \times MF \times UF}{A} \tag{2.6}$$

โดยที่ E คือ ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (lux)

n คือ จำนวนโคม

ϕ คือ ฟลักซ์การส่องสว่างของหลอดต่อโคม (lm)

MF คือ ตัวประกอบการบำรุงรักษา (Maintenance Factor)

UF คือ ตัวประกอบการใช้งานของโคม (Utilization Factor)

A คือ พื้นที่ (m^2)

ค่าตัวประกอบการบำรุงรักษาเป็นค่าที่ขึ้นเป็นค่าที่ขึ้นอยู่กับการบำรุงรักษาหลอดไฟฟ้า หลอดไฟที่ไม่ได้ทำความสะอาดจะมีฝุ่นละอองมาเกาะมีผลทำให้แสงที่ออกมาจากโคมมีปริมาณลดน้อยลง นอกจากนี้แล้วปริมาณแสงที่ลดลงขึ้นอยู่กับความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp Lumen Depreciation: LLD) และเนื่องมาจากความสกปรกของโคมไฟ (Luminaire Dirt Depreciation: LDD) อีกด้วย

2.1.3 การวัดค่าความส่องสว่าง

เครื่องวัดแสง หรือ Lux Meter เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความสว่างเฉพาะความเข้มที่ปรากฏในสายตาของมนุษย์ การวัดนี้แตกต่างจากการวัดของพลังงานแสงที่เกิดขึ้นจริงหรือที่ผลิตโดยการสะท้อนจากวัตถุหรือแหล่งกำเนิดแสง ลักซ์ (Lux) เป็นหน่วยของการวัดค่าความสว่าง

การวัดค่าความส่องสว่างจะใช้เครื่องมือวัดที่เรียกว่า ลักซ์มิเตอร์ (Lux meter) โดยวางบนพื้นที่ที่ต้องการวัด

รูปที่ 2.2 เครื่องวัดค่าความส่องสว่าง หรือ “ลักซ์มิเตอร์”

ที่มา: http://www.voake.com/Lux-Meter-TESTO-540-99999-Lux.html

ตารางที่ 2.7 แสดงค่าความส่องสว่างกับพื้นที่และกิจกรรมประเภทต่างๆ

ค่าความส่องสว่าง (Lux)	พื้นที่และกิจกรรม
20-30-50	ทางเดินและพื้นที่ใช้งานภายนอก
50-100-150	ทางเดินภายใน
100-150-200	ห้องที่ไม่ได้ใช้ทำงานต่อเนื่องเป็นเวลานาน
200-300-500	งานที่ไม่ใช้สายตามากนัก
300-500-750	งานที่ใช้สายตาปานกลางเช่นงานสำนักงาน
500-750-1000	งานที่ใช้สายตามากเช่นงานเขียนแบบ
750-1000-1500	งานที่ใช้สายตามากๆเช่นงานประกอบชิ้นส่วนเล็ก
1000-1500-2000	งานที่ใช้สายตามากเป็นพิเศษเช่นงานชิ้นส่วนเล็กมาก
มากกว่า 2000	งานที่ใช้สายตาเพื่อการทำงานอย่างพิถีพิถันเช่นผ่าตัด

2.1.3.1 วิธีการวัดค่าความส่องสว่างของพื้นที่ทำงาน

การวัดค่าความส่องสว่าง (E) ของพื้นที่ทำงานเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่ง เมื่อเราต้องการประหยัดพลังงานไฟฟ้า เนื่องจาก บางครั้งเราอาจละเลยการเปลี่ยนอุปกรณ์ต่างๆ ที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน เช่น หลอดไฟ โคมไฟ ซึ่งสามารถช่วยลดการใช้พลังงานได้ แต่ระดับความส่องสว่างในพื้นที่ทำงานอาจลดลงไปด้วย นั่นหมายถึงอาจมีผลต่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน หรือใช้งานในพื้นที่นั้นๆ

การวัดค่าความส่องสว่างพื้นที่ทำงาน ควรกระทำทั้งก่อนและหลังการปรับปรุงระบบแสงสว่างเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งควรวัดและตรวจสอบค่าความส่องสว่างให้เป็นไปตามมาตรฐานในแต่ละพื้นที่โดยกำหนดเป็นขั้นตอน ดังนี้

(1) เลือกเครื่องมือวัด ควรเลือกเครื่องมือวัดที่มีย่านวัดที่เหมาะสม เช่น หากเราต้องการตรวจสอบความส่องสว่างในอาคาร ก็ควรใช้ลักซ์มิเตอร์(Lux meter) ที่มีย่านสูงสุดมากกว่า 2000 lux ขึ้นไป แต่ถ้าต้องการตรวจสอบระดับความส่องสว่างพื้นที่จากแสงธรรมชาติในอาคาร ควรเลือกเครื่องใช้ลักซ์มิเตอร์(Lux meter) ที่มีย่านสูงสุด 20,000 lux ขึ้นไป และถ้าต้องการตรวจสอบระดับความส่องสว่างพื้นที่จากแสงธรรมชาติเวลากลางวันนอกอาคาร ควรเลือกเครื่องใช้ลักซ์มิเตอร์(Lux meter) ที่มีย่านสูงสุด 100,000 lux ขึ้นไป และควรเลือกเครื่องที่มีมาตรฐานรับรองด้วย

(2) กำหนดพื้นที่ห้องที่ต้องการวัด เช่น ตีตารางกำหนดพื้นที่ในห้องหรือบริเวณที่ต้องการวัดความส่องสว่างทุกๆ 1 ตร.ม. หรือถ้าพื้นที่ใหญ่มาก อาจกำหนด เป็นทุกๆ 2 หรือ 5 ตร.ม. ก็ได้ ซึ่งถ้ายิ่งกำหนดจุดวัดมากเท่าใด ความละเอียดก็จะสูงขึ้นตามไปด้วย ควรกำหนดจุดวัดอยู่ตำแหน่งกลางของพื้นที่ด้วย

(3) ตำแหน่งการตั้งเครื่องมือวัด เครื่องมือวัดความส่องสว่างเพื่อตรวจสอบค่าความส่องสว่างพื้นที่นั้น จะวัดความส่องสว่างแนวระนาบหรือแนวนอนขนานไปกับพื้น และหงายเซนเซอร์รับแสงขึ้นด้านบน (เนื่องจากต้องการตรวจสอบแสงที่ตกกระทบลงพื้นที่ทำงาน) และตั้งเครื่องวัดอยู่ระดับพื้นที่ทำงานในห้องนั้น เช่น ถ้าทำงานบนโต๊ะ (ความสูงโต๊ะมาตรฐาน 0.85 ม.) ก็ตั้งเครื่องวัดระดับโต๊ะทำงาน และควรระวังเรื่องเงาของผู้ทำการวัด เนื่องจากบางครั้งอาจบังเงาแหล่งกำเนิดแสงที่เข้าสู่เซนเซอร์รับแสง ดังนั้นเครื่องวัดบางรุ่นจะมีสายต่อแยกเซนเซอร์รับแสงแยกออกจากตัวเครื่องวัดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

(4) จัดทำตารางบันทึกค่าจากการตรวจวัด ควรจัดทำตารางบันทึกค่า E ทุกตำแหน่งต่าง ๆ ดังที่ได้กำหนดจุดวัดในพื้นที่ไว้

(5) คำนวณค่าความส่องสว่างเฉลี่ย(Average Illuminance , E_{AV}) สามารถหาค่าความส่องสว่างเฉลี่ย จากการนำค่าความส่องสว่างของจุด P แต่ละจุด (E_P) หารด้วยจำนวนจุดที่สนใจ (n) และสำหรับความสม่ำเสมอของแสง (U) หาจากความส่องสว่างต่ำสุดจากจุด P ที่สนใจ (E_{min}) ต่อค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (E_{av}) ซึ่งสามารถหาได้โดยใช้สมการที่ 2.7

$$E_{AV} = \frac{\sum E p}{n} \tag{2.7}$$

2.1.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับหลอดไฟ

2.1.4.1 หลอดไส้ หรือ หลอดอินแคนเดสเซนท์ (Incandescent Lamp) บางทีเรียกว่าหลอดดวงเทียน มีทั้งชนิดแก้วใส และแก้วฝ้า ไส้หลอดทำจากทังสเตน เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดจะเกิดความร้อนขึ้น ยิ่งความร้อนมากขึ้นเท่าใดแสงสว่างที่เปล่งออกมาจากไส้หลอดก็จะมากขึ้นเท่านั้น และให้แสงสีเหลืองส้ม อายุการใช้งานสั้น ทั้งยังสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าอย่างมาก เนื่องจากสูญเสียพลังงานไปกับความร้อนที่เกิดขึ้น เพราะสาเหตุนี้ปัจจุบันจึงไม่เป็นนิยมนำหลอดไฟชนิดนี้ไปใช้งาน

2.1.4.2 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp: T8 หรือ LTD) เป็นหลอดที่มีประสิทธิภาพทางแสงสูงกว่าหลอดไส้มาตรฐานทั่วไปประมาณ 3 ถึง 5 เท่า โดยเฉลี่ยอยู่ประมาณ 55-90 ลูเมน/วัตต์ และอายุการใช้งานมากกว่าประมาณ 20 – 30 เท่า หลอดฟลูออเรสเซนต์แท่งยาวที่ใช้แพร่หลายมีขนาด 36 วัตต์ แต่ยังมีหลอดแสงสว่างประสิทธิภาพสูง(หลอดซุปเปอร์ลักซ์) ซึ่งมีราคาต่อหลอดแพงกว่าหลอดแสงสว่าง 36 วัตต์ธรรมดา แต่ให้ปริมาณแสงมากกว่าร้อยละ 20 ในขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าที่เท่ากัน

2.1.4.3 หลอดฟลูออเรสเซนต์ประสิทธิภาพสูง (Fluorescent Lamp: T5) หลอดฟลูออเรสเซนต์แบบใหม่ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 มิลลิเมตร มีขนาดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 28 วัตต์ต่อหลอด ซึ่งประหยัดไฟมากขึ้นแต่ต้องใช้งานกับบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์เท่านั้น ประสิทธิภาพทางแสงสว่างสูงสุดที่ 104 ลูเมนต่อวัตต์

2.1.4.4 หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ (Compact Fluorescent Lamp) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ หรือ หลอดตะเกียบ เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานและเพื่อใช้แทนหลอดไส้ที่ใช้กันมาแต่ดั้งเดิม มีขนาดกะทัดรัดและมีกำลังส่องสว่างสูง หลอดชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้งานในการให้แสงสว่างทั่วไปที่ต้องการความสวยงาม มีอายุการใช้งานนานกว่าหลอดไส้ประมาณ 8 เท่า หรือ 8,000 ชั่วโมง และการใช้พลังงานของหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์จะน้อยกว่าหลอดไส้ประมาณ 4 เท่า ปัจจุบันหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์มี 3 ชนิด คือ

(1) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก คือ หลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ได้รวมเอาบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์มาอยู่ภายในอันเดียวกัน ผลิตขึ้นมาแทนหลอดไส้ สามารถนำไปสวมกับขั้วหลอดไส้ชนิดเกลียวได้ทุกดวง ลักษณะของหลอดภายในเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดเล็กเป็นแท่งแก้วดัดโค้งเป็นรูปตัวยูมีเปลือกเป็นโคมทรงกระบอก มีชุดบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์ปิดผนึกรวมกันอยู่ในชิ้นเดียวกันกับตัวหลอด

(2) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดอิเล็กทรอนิกส์ มีลักษณะเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายในชนิดแกนเหล็ก จะต่างกันที่เป็นหลอดประหยัดไฟขนาดเล็กที่ไม่มีโคมกระบอก ผลิตด้วยเทคโนโลยีล่าสุดในการทำบัลลาสต์และสตาร์ทเตอร์อิเลคทรอนิกส์ซึ่งพัฒนารูปแบบของหลอดให้ประหยัดและมีขนาดกะทัดรัดขึ้นกว่าเดิม ตัวหลอดเป็นแท่งแก้วโค้งเป็นรูปตัวยูหลายชุดและใช้เทคนิคพิเศษเชื่อมต่อกันหลอดชนิดนี้จะติดทันทีโดยไม่กระพริบ

(3) หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายนอก ใช้หลักการเช่นเดียวกับหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายใน ต่างกันที่หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์บัลลาสต์ภายนอกสามารถเปลี่ยนเฉพาะตัวหลอดได้ ในการติดตั้งการใช้งานต้องมีขาเสียบเพื่อใช้กับบัลลาสต์ที่แยกออก หรือขาเสียบที่มีชุดบัลลาสต์

2.1.4.5 หลอดฮาโลเจน (Halogen Lamp) มีหลักการทำงานคล้ายกับหลอดไส้คือ กำเนิดแสงจากความร้อน โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไส้หลอดที่ทำจากทังสเตน แต่จะแตกต่างจากหลอดไส้ตรงที่มีการบรรจุสารตระกูลฮาโลเจน ได้แก่ ไอโอดีน คลอรีน โบรมีน และฟลูออรีน ลงในหลอดแก้วที่ทำด้วยควอทซ์ ซึ่งจะช่วยให้หลอดฮาโลเจนมีอายุการใช้งาน ปริมาณแสงสว่าง อุณหภูมิสี สูงกว่าหลอดไส้และให้แสงสีขาว และให้ค่าความถูกต้องของสีถึง 100 % มีอายุการใช้งานประมาณ 1,500-3,000 ชม จึงนิยมใช้ให้แสงพวกเครื่องประดับหรือให้แสงสำหรับการแต่งหน้า

2.1.4.6 หลอดไอปรอท หรือ หลอดแสงจันทร์ การทำงานของหลอดประเภทนี้ จะทำงานด้วยหลักการปล่อยประจุความเข้มสูง มีอายุการใช้งานประมาณ 24000 ชม มีค่าความถูกต้องของสีค่อนข้างต่ำ แสงจะออกนวลมีปริมาณแสงสว่างต่อวัตต์สูงกว่าหลอดชนิดอื่นๆ แสงส่องสว่างได้ไกลเหมาะกับงานสนามและภายนอกอาคาร เมื่อเปิดหลอดประเภทนี้ จะต้องใช้เวลาสักพักหนึ่งก่อน จะทำงานได้เต็มที่ และเมื่อปิดแล้วก็ต้องรออีกราวสิบนาทีก่อนจะเปิดใช้งานได้อีก ปัจจุบันหลอดไอปรอท ไม่นิยมใช้งานแล้ว เนื่องจากดูแลรักษายาก และปรอท ก็ยังเป็นพิษต่อคนและสิ่งแวดล้อม

2.1.4.7 หลอดเมทัลฮาไลน์ ลักษณะการกำเนิดแสงสว่าง คล้ายกับหลอดแสงจันทร์ แต่ภายในบรรจุอิเล็กตรอนที่ทำด้วยทังสเตนล้วนๆ ภายในกระเปาะผสมฮาไลน์ชนิดต่างๆ ทำให้ได้ปริมาณแสงมากขึ้นกว่าหลอดแสงจันทร์ เกือบเท่าตัว ได้แสงสีสมดุลขึ้น จนดูใกล้เคียงแสงแดด อายุการใช้งานประมาณ 24000 ชม ใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้องสีมาก เช่น งานพิมพ์สี สนามกีฬาเฉพาะที่มีการถ่ายทอดทางโทรทัศน์ สวนสาธารณะ ห้างสรรพสินค้า

2.1.4.8 หลอดไฟ LED มีคุณสมบัติการทำงานที่ไม่มีการเผาไส้หลอด จึงไม่เกิดความร้อน แสงสว่างเกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนภายในสารกึ่งตัวนำ พลังงานเปลี่ยนเป็นแสงสว่างได้เต็มที่ มีแสงหลายสีให้เลือกใช้งาน ขนาดที่เล็กทำให้มีการยืดหยุ่นในการออกแบบและการจัดเรียง นำไปใช้ด้านตกแต่งได้ดี มีความทนทาน ไม่ต้องห่วงเรื่องไส้หลอดขาด หรือหลอดแตก ด้านอายุการใช้งานก็อยู่ได้ถึง 50,000-60,000 ชั่วโมง ทั้งยังปรับหรี่แสงได้ง่ายกว่าหลอดฟลูออเรสเซนต์ และที่สำคัญ ปราศจากปรอท และสารกลุ่มฮาโลเจนที่เป็นพิษ สามารถแบ่งหลอดไฟ LED ได้เป็น 7 ประเภท ดังนี้

(1) Replacement Lamp คุณสมบัติเฉพาะมีดังนี้ สะดวก ใช้ง่าย สามารถแทนหลอดเก่าได้ โดยทั่วไปไม่สามารถใช้งานได้เต็ม Capacity ของเม็ด LED หากเป็น Power LED ขนาด 1 วัตต์ขึ้นไปหลาย ๆ เม็ด ควรมี Heat Sink เป็นตัวระบาย Consumer Products & Cost Expectations ต้องการค่า CRI ที่สูง โดยทั่วไปต้องการอุณหภูมิสี Warm white

รูปที่ 2.3 หลอด LED ประเภท Replacement Lamp

ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

(2) Down light คุณสมบัติเฉพาะมีดังนี้ ใช้ตัวถังโคมเป็นตัวระบายความร้อน ต้องเปลี่ยนทั้งโคมสามารถขับกระแสได้เกือบเท่า Capacity ของ LED หากมีการออกแบบ Heat sink ให้รองรับการระบายความร้อนได้ โดยทั่วไปจะนิยมใช้แหล่งจ่ายไฟเป็นแบบกระแสคงที่ ต้องการค่า CRI ที่สูง อุณหภูมิสี Warm white

รูปที่ 2.4 หลอด LED ประเภท Down light
ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

(3) Accent & Track light คุณสมบัติเฉพาะมีดังนี้ ใช้สำหรับแทนโคมประเภทหลอดฮาโลเจน (เริ่มมีการใช้งานแทนประเภทหลอดเมทัลเฮไลด์บ้างแล้ว) ต้องการค่า CRI ที่สูง ต้องการอุณหภูมิสี Warm white มุมกระจายของแสงมีความสำคัญ รูปร่างลักษณะของโคมมีความสำคัญในการเลือกใช้

รูปที่ 2.5 หลอด LED ประเภท Accent & Track light
ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

(4) Furniture Application มีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้ แสงที่ออกมาไม่มีรังสียูวี และอินฟาเรด (รังสีความร้อน) จึงไม่เป็นอันตรายต่อผลิตภัณฑ์สินค้าที่ต้องหลีกเลี่ยงรังสีนี้ เช่น รูปภาพสีน้ำมัน , ช๊อคโกแลต , ยารักษาโรค , เครื่องสำอาง , นาฬิกา , กระเป๋าหนัง , เสื้อผ้า , ไวน์ เป็นต้น สามารถประหยัดพลังงาน เมื่อเทียบกับหลอดไส้หรือฮาโลเจน มีรูปร่างเล็ก โค้งงอไปตาม รูปทรงต่าง ๆ ได้

จึงสามารถใส่ในซอกหรือช่องแคบต่าง ๆ ของเฟอร์นิเจอร์ ได้ ตัวหลอดอายุยืนนาน ไม่ต้องบำรุงรักษาบ่อย กินไฟ แรงต่ำ เช่น 12 *V.* หรือ 24 *V.* ดังนั้น จึงมีความปลอดภัยทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี แสงจาก LED ทำให้เกิดประกายที่สินค้าเป็นเครื่องประดับ เพชร พลอย นาฬิกา เป็นต้น มีความร้อนจากแสงน้อย สามารถเลือกหลอดให้มีอุณหภูมิสีเหมาะกับสินค้าที่โชว์ เช่น สร้อยทองใช้สี Warm white , เพชรใช้สีขาวอุณหภูมิสูงกว่า 7,000 K เป็นต้น

รูปที่ 2.6 หลอด LED ประเภท Furniture Application
ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

(5) ตู้แช่ , ตู้เย็นโชว์สินค้า มีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้ ออกแบบโคมไฟ LED ให้สอดคล้องกับรูปแบบตู้แช่เพื่อให้สามารถกระจายแสงได้อย่างสม่ำเสมอ ในภาวะที่อุณหภูมิต่ำ LED จะมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ทำให้ประหยัดพลังงานและมี reliability ดีขึ้น สามารถเลือกอุณหภูมิสีของ LED ให้สอดคล้องกับสินค้าที่แสดงในตู้แช่ได้ ทำให้สินค้าดูสดขึ้น

รูปที่ 2.7 หลอด LED ประเภท ตู้แช่ , ตู้เย็นโชว์สินค้า
ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

(6) Cove light มีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้ เหมาะกับพื้นที่ที่ยากแก่การเข้าไปบำรุงรักษา และต้องการ เรื่อง ประหยัดพลังงาน การตกแต่ง Dynamic ambience ต้องการอุณหภูมิสีแตกต่างกันขึ้นอยู่กับกิจกรรมการใช้งาน Cove light อาจมีปัญหาความโค้งหรือระยะที่ไม่ Standard

รูปที่ 2.8 หลอด LED ประเภท Cove light
ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

(7) กล่องไฟ หรือ ป้ายไฟโฆษณา มีคุณสมบัติเฉพาะดังนี้ ป้ายหรือกล่องไฟ เป็นพื้นที่ที่เข้าถึงยากเมื่อ ต้องบำรุงรักษา ต้องการระดับแรงดันไฟที่ปลอดภัยความสม่ำเสมอของแสง และประหยัดพลังงาน ป้ายมีสีที่ต้องการหลากหลายสี การใช้สีของแสง LED ให้สอดคล้องกับสีของป้าย จะทำให้สีไม่เพี้ยน การใช้ LED ให้แสดงแบบ Side Lit ทำให้กล่องไฟมีความบางและประหยัดไฟ

รูปที่ 2.9 หลอด LED ประเภท กล่องไฟ หรือ ป้ายไฟโฆษณา
ที่มา: http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html

2.2 แนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

การอนุรักษ์พลังงานคือการผลิตและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด การอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจการแล้ว ยังจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้และผลิตพลังงานด้วย (กรมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2551)

2.2.1 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

2.2.1.1 การจัดการค่าตัวแปรที่มีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานด้านแสงสว่าง

(1) ลดค่าความส่องสว่าง E หมายถึง ลดค่าความส่องสว่างจากระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าให้น้อยลงโดย

- ใช้แสงธรรมชาติหรือแสงอาทิตย์เข้ามาเสริมใช้กับบริเวณที่แสงธรรมชาติเข้ามาถึงหรือปรับปรุงพื้นที่ให้แสงธรรมชาติเข้าถึงมากขึ้นสามารถลดกำลังไฟฟ้าจากการส่องสว่างได้โดยแยกวงจรสวิตช์ใช้เครื่องหรี่แสงแต่ต้องคำนึงถึงความร้อนที่ตามมากับแสงธรรมชาติด้วย

- สำรวจพื้นที่ใช้งานแสงสว่างว่าบริเวณใดมีการออกแบบดั้งเดิมไว้สูงเกินค่ามาตรฐานหรือมีการปรับเปลี่ยนรายละเอียดพื้นที่ใช้งานที่ไม่จำเป็นต้องใช้ความส่องสว่างมากเหมือนแต่ก่อนทำให้สามารถลดค่าความส่องสว่างพื้นที่นั้นๆลงได้

(2) ลดพื้นที่ทำงานที่ไม่จำเป็น (A) หมายถึง การลดพื้นที่ทำงานที่ไม่จำเป็นลงเช่นในห้องขนาด 100 ตารางเมตร ใช้ค่าความส่องสว่าง 500 ลักซ์ ติดตั้งโคมไฟใช้ 10 ชุดแสดงว่าโคมไฟ 1 ชุดครอบคลุมพื้นที่ 10 ตารางเมตร หากใช้งานพื้นที่ในห้องปฏิบัติงานในบริเวณเพียงครึ่งห้องหรือ 50 ตารางเมตร ก็สามารถปิดโคมไฟในพื้นที่อีกครึ่งห้องที่เหลือที่ไม่ได้ใช้งาน 5 ชุด สิ่งที่จำเป็นต้องใช้คือการควบคุมการเปิด-ปิดการใช้งาน เช่น สวิตช์กระตุกที่โคมไฟ อุปกรณ์ตรวจจับ(Sensor)ประเภทต่างๆ การตั้งโปรแกรมควบคุมการทำงานเป็นโซน

(3) ลดช่วงเวลาการใช้งาน (t) หมายถึง การลดช่วงเวลาการใช้งานระบบแสงสว่างที่ไม่จำเป็นลง เช่น ไม่เปิดไฟทิ้งไว้หลังเลิกงาน ปิดไฟตอนพักเที่ยง แต่อาจมีข้อยกเว้น สำหรับพื้นที่ที่ต้องการรักษาความปลอดภัย สิ่งที่จำเป็นต้องใช้ คือ การควบคุมการเปิด-ปิดการใช้งาน การตั้งโปรแกรมควบคุมเวลาการใช้งาน การกำหนดมาตรการในหน่วยงาน ในมาตรการคือ E A และ t เป็นมาตรการด้านการจัดการ เนื่องจาก เกี่ยวข้องกับการใช้งานโดยตรงจึงขึ้นอยู่กับความต้องการใช้ของผู้ปฏิบัติงานอยู่ในพื้นที่นั้นๆทั้ งในด้านปริมาณความส่องสว่าง E และแสงที่ต้องการใช้ในแต่ละพื้นที่และเวลา (A, t)

(4) เพิ่มค่าประสิทธิผลการส่องสว่างของหลอดไฟ หมายถึง การเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูง กินไฟน้อยแต่ให้แสงปริมาณมาก และมีคุณภาพด้านอื่นๆอยู่ในระดับดีด้วย เช่น การเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟ การเปลี่ยนรุ่นของหลอดไฟ

(5) เพิ่มค่าตัวประกอบการใช้งานของโคม(UF) หมายถึง การเลือกใช้โคมไฟประสิทธิภาพสูง มีลักษณะการกระจายแสงเหมาะสมกับสถานที่ที่ติดตั้งสำหรับใช้งาน ตลอดจนการปรับปรุงสภาพแวดล้อมที่ต้องการส่องสว่างด้วยการใช้วัสดุที่สว่างแทนวัสดุสีทึบ

(6) เพิ่มค่าตัวประกอบการบำรุงรักษา (MF) หมายถึง มีการบำรุงรักษาระบบแสงสว่างอย่างเป็นระบบชัดเจนว่าช่วงใดต้องทำอะไรบ้าง

2.2.1.2 แนวทางการปรับปรุงระบบแสงสว่าง

(1) การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ เช่น การใช้แสงสว่างจากแสงอาทิตย์

- ความเข้มแสง 80,700 lumen ต่อตารางเมตร
- ประสิทธิภาพแสงต่อความร้อน 110 lumen/W
- พื้นที่โปร่งแสง 5% ให้ความสว่างเกิน 100 lux ได้ถึง 95% และเกิน 150 lux ได้ถึง 90%

(2) การใช้แสงสว่างจากท้องฟ้า

- ประสิทธิภาพแสงต่อความร้อนสูงถึง 140 lumen/W
- หน้าต่างหรือช่องรับแสงในด้านทิศเหนือ

(3) การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การปรับลดความสว่างให้เหมาะสม

- การลดจำนวนหลอดไฟฟ้า ในกรณีที่ ความสว่างในพื้นที่สูงกว่าค่าที่กำหนด หรือมีการชดเชยโดยการเปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าหรือติดตั้งแผ่นสะท้อนแสงเพิ่ม
- การเปลี่ยนวิธีการให้แสงอย่างเหมาะสม เช่น ให้แสงสว่างเพียงพอเฉพาะบริเวณที่มีการทำงาน หรือความสว่างที่บริเวณต่างๆ ต้องไม่ต่างกันมากกว่า 3 เท่าตัว

(4) การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การหรี่แสง

- ปรับระดับแสงสว่างให้เหมาะกับความต้องการของกิจกรรมแต่ละชนิด
- การลดแรงดันไฟฟ้าลงทุกๆ 5% ยืดอายุใช้งานของหลอดอินแคนเดสเซนต์ได้มากกว่า 2 เท่า
- หลอดฟลูออเรสเซนต์หรี่แสงได้เฉพาะชนิดติดเร็วหรือต้องใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ร่วมกับเครื่องหรี่ไฟ(Light Dimmer)
- หลอด HID ไม่สามารถหรี่แสงได้อย่างต่อเนื่อง แต่สามารถติดตั้งชุดอุปกรณ์เพื่อปรับค่าความต้านทานภายในวงจร

(5) การควบคุมการเปิด-ปิด

- การเปิด-ปิด โดยคนควบคุม สามารถทำได้โดย การปิดทั้งหมดโดยตัดไฟที่สายเมน หรือการปิดบางส่วนโดยการแยกสวิตช์ หรือติดสวิตช์กระตุก

- การเปิด-ปิด โดยอุปกรณ์อัตโนมัติ สามารถทำได้โดย การติดตั้งสวิตช์ตั้งเวลา (Timer) และสวิตช์หน่วงเวลา(Time Delay Switch) การติดตั้งสวิตช์แสงแดด (Photo Cell Switch) หรือการติดตั้งสวิตช์ตรวจจับการทำงาน (Occupancy Sensor)

(6) การบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ

- การเปลี่ยนหลอดไฟ โดยการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าใหม่เป็นบางจุด (Spot Relamping) หรือการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าเป็นกลุ่ม (Group Relamping)

- การทำความสะอาดโคมไฟ เพดาน ผนัง และพื้น โดยขึ้นกับความยากง่าย ช้า หรือเร็ว ในการสะสมฝุ่นละอองของโคมไฟ หรือความสะอาดของสถานที่ติดตั้งโคมไฟ

- เพดาน ผนัง และพื้น ควรมีการทำความสะอาดเช่นกัน

(7) การเลือกใช้หลอดไฟฟ้า และอุปกรณ์ประหยัดพลังงาน เช่น การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง โดยให้ประเภทการทำงานเป็นตัวกำหนดปัจจัยด้านคุณภาพ ซึ่งได้แก่

- ระดับความสว่าง
- ความถูกต้องของสี
- อุณหภูมิของแสง
- การหรี่แสง
- ระยะเวลาอุ่นหลอด
- ระยะเวลารอจุดซ้ำ
- ปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้น ความสั่นสะเทือน อุณหภูมิ ความสูง

(8) ปัจจัยในด้านค่าใช้จ่าย คือ

- ประสิทธิภาพ
- อายุใช้งาน
- ราคา

(9) ไม่ควรใช้หลอดไส้ในการให้แสงสว่างทั่วไปควรใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นหลัก ในการติดตั้งไฟส่องลง (down light) หรือโคมฉาย (Flood light) ในห้องโถงใหญ่ควรใช้หลอด HID เป็นต้นกำเนิดแสงหลัก

2.3 ข้อกำหนดการออกแบบแสงสว่าง

2.3.1 สภาพแวดล้อมการส่องสว่าง

ในการออกแบบแสงสว่างที่ดีนั้นนอกจากจะคำนึงถึงค่าความสว่างแล้วยังจะต้องคำนึงถึงคุณภาพและปริมาณความต้องการทางด้านแสงสว่างสามารถจำแนกได้ตามความต้องการพื้นฐานของมนุษย์ได้ 3 ข้อ คือ

2.3.1.1 ความปลอดภัย

2.3.1.2 ประสิทธิภาพในการมองเห็น หมายถึง ความสามารถในการมองเห็นในการทำงานไม่ว่าจะทำงานภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ยากหรือทำต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน

2.3.1.3 ความสบายตาในการมอง หมายถึง ผู้ปฏิบัติงานจะต้องรู้สึกสบายตา ซึ่งส่งผลทางอ้อมให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มสูงขึ้น

2.3.2 ปัจจัยหลักที่มีผลต่อสภาพแวดล้อมการส่องสว่าง

2.3.2.1 การกระจายความส่องสว่าง

การกระจายความส่องสว่างในทิศทางการมองเห็น จะเป็นตัวควบคุมการปรับแสงของตามนุษย์ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อความสามารถในการมองเห็นในการทำงาน ดังนั้นการกระจายความส่องสว่างที่ดีจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเพื่อความคมชัดของการมองเห็น นอกจากนี้แล้วการกระจายความส่องสว่างในทิศทางที่มองเห็นจะส่งผลให้เกิดความสบายตาอีกด้วย

2.3.2.2 ความสว่าง

ความสว่างและการกระจายความสว่างในบริเวณพื้นที่ทำงานและบริเวณโดยรอบ มีผลต่อ ความเร็ว ความปลอดภัย และความสบายตาของการมองเห็นซึ่งส่งผลต่อการมองเห็นของการทำกิจกรรมค่าความสว่างที่กำหนดในมาตรฐานนี้คือค่าความสว่างคงสภาพ (Maintained Illuminance)

2.3.2.3 แสงจ้า

แสงจ้าเกิดจากแสงที่สว่างมากในทิศทางการมอง ซึ่งอาจทำให้เกิดแสงจ้าแบบไม่สบายตาหรือแสงจ้าที่ทำให้เสียสภาพในการมองเห็นได้ สำหรับแสงจ้าที่เกิดจากการสะท้อนของแสงจากพื้นผิวของวัตถุจะเรียกว่า แสงสะท้อนจากฉากความสว่างหรือแสงจ้าสะท้อน ดังนั้นการควบคุมแสงจ้าจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความผิดพลาด การเสื่อมสภาพ และอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากแสงจ้า

2.3.2.4 ทิศทางของแสง

2.3.2.5 ความถูกต้องของสีและลักษณะการให้สีของแสง

2.3.2.6 การกระพริบ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

ในการจัดทำโครงงานการประเมินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคาร โรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) นี้ ผู้จัดทำโครงงานมีวิธีการดำเนินงานโครงงานตามขั้นตอนดังนี้

3.1 วัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือหรือโปรแกรมที่ใช้

(1) เครื่องคอมพิวเตอร์

(2) ลักซ์มิเตอร์

(3) โปรแกรมออกแบบ Autodesk AutoCAD และโปรแกรมออกแบบแสงสว่าง Dialux

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

(1) คิดหัวข้อโครงงานเพื่อนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(2) ศึกษาค้นคว้าข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน

(3) จัดทำโครงร่างโครงงานเพื่อนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(4) ประสานงานกับเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องของโรงเรียนสาธิต มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

(5) สำรวจและเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละชั้นของอาคาร

(6) วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละชั้นของอาคาร

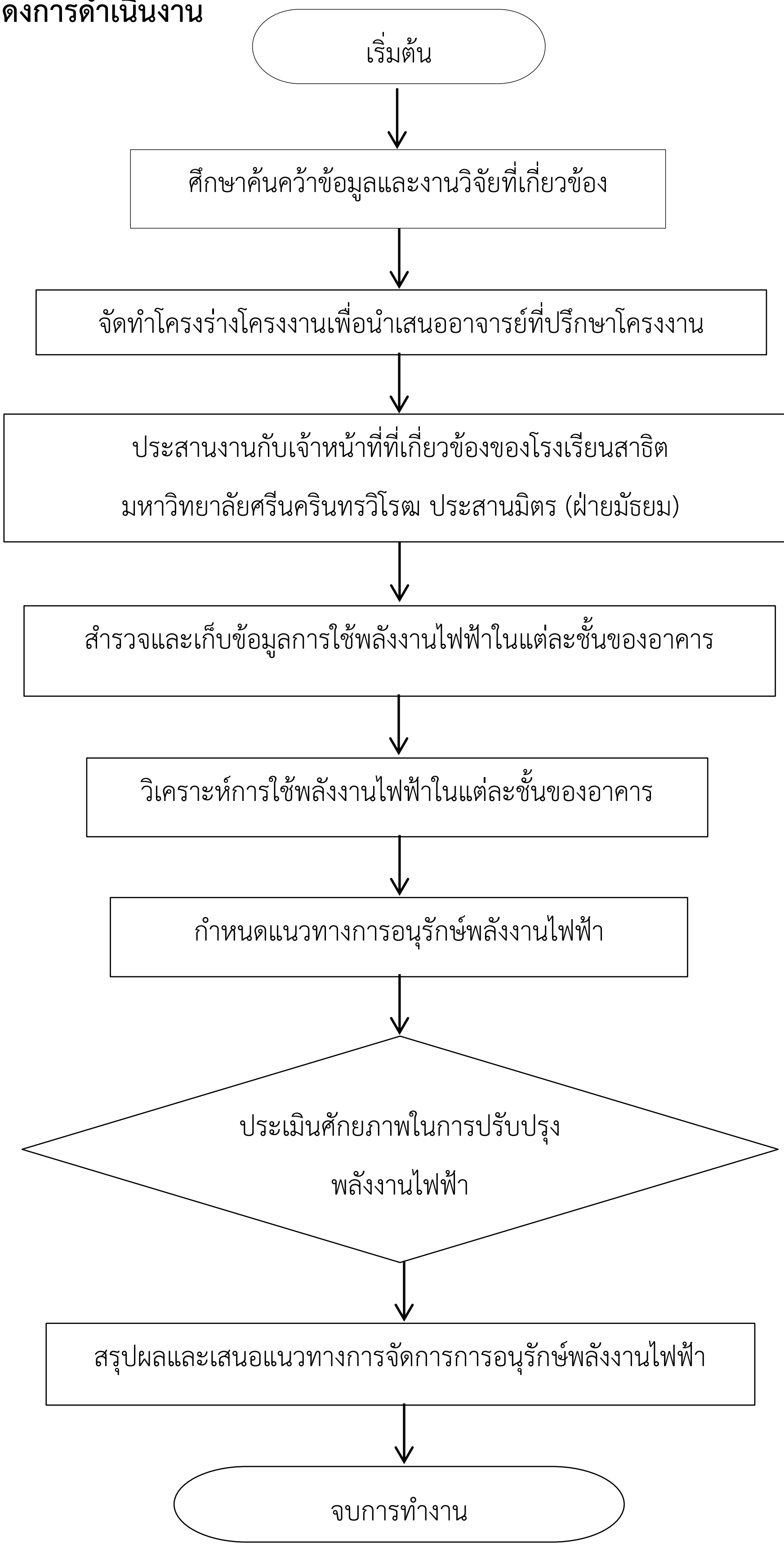
(7) กำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

(8) ประเมินศักยภาพในการปรับปรุงพลังงานไฟฟ้า

(9) สรุปผลและเสนอแนวทางการจัดการการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

(10) จัดทำโครงงานฉบับสมบูรณ์

3.3 แผนผังแสดงการดำเนินงาน



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงการดำเนินงาน

3.4 ระยะเวลาการทำโครงงาน

ตารางที่ 3.1 ระยะเวลาการทำโครงงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	2559					2560			
	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับโครงงาน	■								
2.วางแผนการจัดทำโครงงาน		■							
3.จัดโครงร่างโครงงาน			■						
4.ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง			■	■					
5.ศึกษาข้อมูลของโรงเรียน				■	■				
6.สำรวจและเก็บข้อมูล					■	■			
7.คำนวณการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงเรียน						■	■		
8.วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของอาคารในแต่ละชั้น							■	■	
9.สรุปผลการดำเนินงาน									■

บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะแสดงให้เห็นถึงการคำนวณและลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเรียนโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม)

4.1 ข้อมูลทั่วไปและลักษณะอาคาร

4.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ชื่ออาคาร : อาคาร 2, อาคาร 5, อาคารวิทยวิโรฒ , อาคารเฉลิมพระเกียรติ

ประเภทอาคาร : อาคารสำนักงาน จำนวนชั้นในแต่ละอาคาร 3 , 5 , 8 , 9 ชั้น

พื้นที่ใช้งาน : 9003 ตารางเมตร

ลักษณะการใช้งาน : อาคารเรียน

เวลาทำการ : เวลาทำการเฉลี่ย 10 ชั่วโมง/วัน 200 วัน/ปี

4.2 รายละเอียดการตรวจวัดระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดการตรวจวัดระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

ขนาดหม้อแปลง (kVA)	ชนิด	จำนวน (ลูก)	แรงดัน (kV/V)	จำนวนสายเมนต่อเฟส
1,500	Oil type	1	22/400-230	4

จากตารางที่ 4.1 หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,500 kVA 3 เฟส มีขนาดแรงดันสูงสุดอยู่ที่ 22,000 V และมีขนาดแรงดันต่ำสุดอยู่ที่ 400-230 V

4.3 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

พื้นที่การสำรวจภายในอาคารทั้งหมดคือ 3, 5, 8 และ9 ชั้นตามลำดับ โดยได้มีการคำนวณและแสดงค่าต่าง ๆ ในภาคผนวก ก. เนื่องจากได้มีการเปลี่ยนหลอดไฟไปแล้วในบางอาคาร จึงทำการสำรวจเพิ่มเติมแล้วพบว่ามีการใช้หลอดไฟชนิดต่าง ๆ และมีการใช้พลังงานดังนี้

$$Power(Total) = \frac{n \times P_{equipment}}{1,000} \tag{4.1}$$

$$Energy(Total) = \frac{Time \times P_{Total}}{1,000} \tag{4.2}$$

$$Electric\ bill = (Whir * Unit) + (Unit * FT) + Vat \tag{4.3}$$

ตารางที่ 4.2 แสดงการคำนวณการประหยัดพลังงาน

	หลอดไฟปัจจุบัน	หลอดไฟ LED
จำนวนหลอด	744 หลอด	744 หลอด
หลอด FLT-8 (ยาว T-8+บัลลาสตร์แกนเหล็ก)	36+9=45 วัตต์	16 วัตต์
จำนวนหลอด	32 หลอด	32 หลอด
หลอดเดิม FLT-8 (สั้นT-8+บัลลาสตร์แกนเหล็ก)	18+9=27 วัตต์	8 วัตต์
จำนวนหลอด	401 หลอด	401 หลอด
หลอดเดิม P-LS (หลอดตะเกียบ+บัลลิสต์อิเล็กทรอนิกส์)	13 วัตต์	9 วัตต์
จำนวนหลอด	125 หลอด	125 หลอด
หลอดเดิม HPS	400+28=428 วัตต์	200 วัตต์

ตารางที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคารวิทยวิโรฒ

	อาคารวิทยาวิโรฒ			
	การติดตั้ง ณ ปัจจุบัน		เปลี่ยนเป็น LED	
ชนิดหลอด	FLT-8 ยาว	FLT-8 สั้น	LEDT-8 ยาว	LEDT-8 สั้น
จำนวนหลอด	1,464	456	1,464	456
กำลังไฟฟ้าของหลอด	36W	18W	16W	8W
ชนิดบัลลิสต์	แกนเหล็ก		-	
ขนาดบัลลิสต์	9 W		-	
Power	78.19 KW		27.07 KW	
Energy	156,384 Kwh/year		54,140 Kwh/year	
ค่าไฟ	658,329.72 บาทต่อปี		227,913.16 บาทต่อปี	
ผลประหยัด	156,384 -54,140 = 102,244 Kwh/year		430,416.57 บาทต่อปี	

ตารางที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคาร 5

	อาคาร 5	
	การติดตั้ง ณ ปัจจุบัน	เปลี่ยนเป็น LED
ชนิดหลอด	FLT-8 ยาว	LEDT-8 ยาว
จำนวนหลอด	274 หลอด	274 หลอด
กำลังไฟฟ้าของหลอด	45 w	27 w
Power	12.33 KW	4.38 KW
Energy	24,660 Kwh/year	8,768 Kwh/year
ค่าไฟ	103,811.2 บาทต่อปี	36,910.65 บาทต่อปี
ผลประหยัด	24,660 -8,768 = 15,892 Kwh/year	66,900.55 บาทต่อปี

ตารางที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคาร 2

	อาคาร 2			
	การติดตั้ง ณ ปัจจุบัน		เปลี่ยนเป็น LED	
ชนิดหลอด	FLT-8 ยาว	FLT-8 สั้น	LEDT-8 ยาว	LEDT-8 สั้น
จำนวนหลอด	185	10	185	10
กำลังไฟฟ้าของหลอด	40 W	22 W	16W	8W
Power	7.58 KW		3.42 KW	
Energy	15,160 Kwh/year		6,840 Kwh/year	
ค่าไฟ	63,819.05 บาทต่อปี		28,794.35 บาทต่อปี	
ผลประหยัด	15,160 -6,840 = 8,320 Kwh/year		35,024.7 บาทต่อปี	

ตารางที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบการประหยัดพลังงานของอาคารเฉลิมพระเกียรติ

	อาคารเฉลิมพระเกียรติ					
	การติดตั้ง ณ ปัจจุบัน			เปลี่ยนเป็น LED		
ชนิดหลอด	FLT-8 ยาว	FLT-8 สั้น	HPM	LEDT-8 ยาว	LEDT-8 สั้น	High-bays LED
จำนวนหลอด	559	32	112	559	32	112
กำลังไฟฟ้า	40 w	22 w	428 w	18 w	8 w	200 w
Power	72.6 KW			38.35 KW		
Energy	145,200 Kwh/year			76,700 Kwh/year		
ผลประหยัด	145,200-76,700 = 68,500 Kwh/year			288,364.45 บาทต่อปี		

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความสว่างของอาคารที่ทำการเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED

ค่าความสว่างเฉลี่ย (LUX)	อาคารวิทยวิโรฒ	อาคาร 5
จากการวัด	595.93	992.06
จากการคำนวณ	624.92	648.52

จากตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่าความสว่างของอาคารที่ทำการเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED สามารถสรุปได้ ดังนี้

4.3.1 อาคารวิทยวิโรฒ

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ $= 595.93 \times 100 / 624.92 = 95.36\%$

สาเหตุที่ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่าลดลงจากค่าที่คำนวณนั้นเพราะหลอดไฟเมื่อถูกใช้ในระยะเวลาหนึ่งประสิทธิภาพของหลอดไฟที่จะให้ความสว่างมีค่าลดลง

4.3.2 อาคาร 5

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ $= 992.06 \times 100 / 648.52 = 152.97\%$

สาเหตุที่ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณมากเกินไปนั้นเพราะในห้องมีแสงจ้าที่เกิดจากส่องของดวงอาทิตย์เข้ามาบริเวณที่ทำการวัดค่า

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

4.4.1 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้วยการเปลี่ยนหลอดไฟเป็นหลอด LED

จากการสำรวจระบบไฟฟ้าแสงสว่างในอาคารสำนักหอสมุดกลาง พบว่ามีโคมไฟฟ้าที่ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดต่าง ๆ ซึ่งจะมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 744 หลอด ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ จำนวน 32 หลอด และหลอด HPM 400 วัตต์ จำนวน 125 หลอด ซึ่งจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 186,114 kWh/year โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้อยู่เดิมนี้จะเป็นหลอด FLT-8 ซึ่งจะใช้กำลังไฟฟ้าสูงและตัวบัลลาสต์ที่ใช้ก็เป็นบัลลาสต์แกนเหล็กที่มีกำลังสูญเสียสูง

ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนจากหลอด FLT-8 เป็นหลอด LED T-8 ขนาด 16 วัตต์ต่อหลอด จำนวน 744 หลอด และขนาด 8 วัตต์ จำนวน 32 หลอด และโคม LED High bay 200 วัตต์ จะลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ 104,576 kWh/year คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 410,983.68 บาทต่อปี คิดที่ (3.93 บาท/kWh)

สรุปผลจากการดำเนินงานการเปลี่ยนหลอด FLT-8 เป็นหลอด Led T-8 ขนาด 16 วัตต์ต่อหลอด 744 หลอด ขนาด 8 วัตต์ จำนวน 32 หลอด หลอด Led Bulb 8 วัตต์ 401 หลอด และ High-bays LED 125 หลอด มีการคำนวณการลงทุนดังนี้

ตารางที่ 4.8 แสดงการคำนวณการลงทุนเพื่อประหยัดพลังงาน

พลังงานเป็นจำนวนมากโดยโครงงานนี้ก็ได้นำแนวทางมาช่วยให้มีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้เริ่ม1

จำนวนชั่วโมงทำงาน (10 ชม./วัน , 200 วัน/ปี)	10×200 = 2,000 ชม./ปี
พลังงานก่อนปรับปรุง	[(744×45)+(32×27)+(401×13)+(125×428)]×10×200/ 1000 = 186,114 kwh/year
ติดตั้งหลอดประหยัดพลังงาน	[(744×16)+(32×8)+(401×9)+(125×200)]×10×200/10 00 = 81,538 kwh/year
ผลประหยัด	186,114 -81,538 = 104,576 kwh/year
จำนวนเงินที่ประหยัด (4.2097 บาท/kWh)	104,576 ×4.2097 = 440,233.59บาท/ปี
เงินลงทุน LED 16 w ยาว T-8 145 บาท/หลอด LED 8 w สั้น T-8 115 บาท/หลอด LED 9 w E27 155 บาท/หลอด โคม LED High-Bay 200 w 5,000 บาท/หลอด	(744×145)+(32×115)+(401×155)+(125×5,000) =798,715 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	798,715 /440,233.59= 1.81 ปี
อายุการใช้งาน (LED=50,000 ชั่วโมง)	50,000/2,000 = 25 ปี

บทที่ 5
สรุปผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

โครงงานนี้เป็นการประเมินและวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เพื่อลดปริมาณการใช้พลังงานเป็นจำนวนมากโดยโครงงานนี้ก็ได้นำแนวทางมาช่วยให้มีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้เริ่มจากการสำรวจข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบต่าง ๆ แล้วนำมาจัดเก็บเป็นบัญชีการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละระบบ หลังจากนั้นเป็นการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาเพื่อคิดหาแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและได้กำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าทั้งที่เป็นการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น ทั้งการปรับปรุงอุปกรณ์เดิมให้มีประสิทธิภาพ รวมถึงการบำรุงรักษาให้มีสภาพพร้อมใช้งาน และแนวทางในการปฏิบัติสำหรับผู้ใช้งานอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้

โดยสรุปแล้วการวางแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจะได้ผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดคือ

สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้จำนวน	104,576	kWh/Year
หรือคิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	440,233.59	บาทต่อปี
โดยใช้เงินลงทุนทั้งหมด	798,715	บาท
มีระยะคืนทุน	1.81	ปี

เมื่อเปลี่ยนหลอดไฟเป็น LED แล้วสามารถประเมินค่าความสว่างของอาคารที่เปลี่ยน ได้ดังนี้

ค่าความสว่างเฉลี่ย (LUX)	อาคารวิทยวิโรฒ	อาคาร 5
จากการวัด	595.93	992.06
จากการคำนวณ	624.92	648.52

5.1.1 อาคารวิทยวิโรฒ

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ $= 595.93 \times 100 / 624.92 = 95.36\%$

สาเหตุที่ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่าลดลงจากค่าที่คำนวณนั้นเพราะหลอดไฟเมื่อถูกใช้ในระยะเวลาหนึ่งประสิทธิภาพของหลอดไฟที่จะให้ความสว่างมีค่าลดลง

5.1.2 อาคาร 5

คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ $= 992.06 \times 100 / 648.52 = 152.97\%$

สาเหตุที่ค่าความสว่างที่วัดได้มีค่ามากกว่าค่าที่คำนวณมากเกินไปนั้นเพราะในห้องมีแสงจ้าที่เกิดจากส่องของดวงอาทิตย์เข้ามาบริเวณที่ทำการวัดค่า

5.2 ปัญหาในการดำเนินงาน

จากการดำเนินโครงงานในครั้งนี้พบปัญหาการดำเนินงานคือ

(1) ไม่มีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า ซึ่งทำให้เกิดปัญหาตามมา คือไม่สามารถวัดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้ครบถ้วน

(2) ในบางห้องที่ใช้งานนั้นมีหลอดไฟเสียเป็นจำนวนมาก จึงทำให้ค่าที่วัดได้น้อยกว่าความเป็นจริง

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากการสำรวจและวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเรียนของโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม) พบว่าทางผู้ดูแลอาคารก็ได้มีแนวทางสำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าอยู่บ้างบางส่วน เช่น การกำหนดเวลาในการเปิด-ปิดหลอดไฟ การเปลี่ยนหลอดไฟ เป็นต้น เมื่อทางผู้จัดทำโครงงานวิจัยได้เข้าไปสำรวจและนำมาวิเคราะห์แล้ว ก็สามารถนำแนวทางต่าง ๆ มาปรับใช้ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มเติมได้อย่างมากมาย แต่ในบางแนวทางก็มีค่าใช้จ่ายที่สูง บางแนวทางก็เป็นเพียงแค่แนวปฏิบัติของผู้ใช้งานให้ปฏิบัติตาม ดังนั้นการที่จะนำแนวทางใด แนวทางหนึ่ง มาปรับใช้จริงก็ต้องมีข้อพิจารณาหลายอย่างตามความเหมาะสมของตัวอาคาร ความพร้อมของบุคคลากร และงบประมาณ

เอกสารอ้างอิง

กฤษณ์ เรียนวาที, จารุพัฒน์ ศรด้วง และทรงพล โพธิ์สุวรรณ. การวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารหอสมุดกลางเพื่อการประกวดอาคารอนุรักษ์พลังงาน. ปริญญานิพนธ์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ องครักษ์, 2555.

การไฟฟ้านครหลวง. (2560). ค่า Ft ประจำเดือนมกราคม 2560-เมษายน 2560. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.mea.or.th/home/index.php สืบค้นวันที่ 10 มกราคม 2560

การไฟฟ้าฝ่ายผลิต. (2560). ชนิดของหลอดไฟ LED. [ออน-ไลน์]. แหล่งที่มา http://e-saving.egat.co.th/LED/led-type.html สืบค้นวันที่ 15 มกราคม 2560

จิรเมธ ศรียาชีพ, ชนากานต์ เที่ยงทัด และศิริศาสตร์ บุตรศาสตร์. การวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารบริการศ.ม.ล.ปิ่น มาลากุล มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาภาควิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2556.

ธนวัฒน์ กชอำไพ, ปาณชัย วงศ์วานิช และสุทิวัส สาระสุข. การวิเคราะห์การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ภายในโรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร (ฝ่ายมัธยม). ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาภาควิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2557.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การติดตั้ง ณ ปัจจุบัน

1. แสดงการคำนวณค่าไฟในแต่ละอาคาร

1.1 อาคารวิทยาวิโรฒ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= [(1,464 \times 45) + (456 \times 27)] / 1,000 \; = 78.19 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(1464 \times 45) + (456 \times 27)] \times 10 \times 200 / 1000 \; = 156,384 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (156,384 \times 4.2097) + (156,384 \times (\text{-}0.3729)) + [(658,329.72 \text{ - } 58,315.59) \times 7 / 100]$
= 758,646.3 Baht/year

1.2 อาคาร 5

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= (274 \times 45) / 1,000 \; = 12.33 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= (274 \times 45 \times 10 \times 200) / 1,000 \; = 24,660 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (24,660 \times 4.2097) + (24,660 \times (\text{-}0.3729)) + [(103,811.20 \text{ - } 9,195.71) \times 7 / 100]$

= 119,630 Baht/year

1.3 อาคาร 2

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= (185 \times 40) + (10 \times 18) / 1,000 \; = 7.58 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(185 \times 40) + (10 \times 18)] \times 10 \times 200 / 1,000 \; = 15,160 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (15,160 \times 4.2097) + (15,160 \times (\text{-}0.3729)) + [(63,819.05 \text{ - } 5,653.16) \times 7 / 100]$

=73,543.82 Baht/year

1.4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= [(559 \times 40) + (32 \times 22) + (112 \times 428)] / 1,000 \; = 72.6 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(559 \times 40) + (32 \times 22) + (112 \times 428)] \times 10 \times 200 / 1,000 \; = 145,200 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (145,200 \times 4.2097) + (145,200 \times (-0.3729)) + [(611,248.44 - 54,145.08) \times 7/100]$

= 704,390.76 Baht/year

2. แสดงการคำนวณค่าไฟสำหรับไฟทางเดินในแต่ละอาคาร

2.1 อาคารวิทยาวิโรฒ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= 104 \times 11 / 1,000 = 1.144$ Kw

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$$= 104 \times 11 \times 200 \times 10 / 1,000 = 2288 \text{ Kwh / year}$$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 บาท/kWh)

ค่าไฟ $= (2,288 \times 4.2097) + (2,288 \times (-0.3729)) + [(9,631.8 - 853.2) \times 7/100]$

= 11,099.5 Baht/year

2.2 อาคาร 5

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= 39 \times 13 / 1,000 = 0.507$ Kw

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$$= 39 \times 13 \times 200 \times 10 / 1,000 = 1,014 \text{ Kwh / year}$$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (1,014 \times 4.2097) + (1,014 \times (-0.3729)) + [(4,268.63 - 378.12) \times 7/100]$

= 4,919.08 Baht/year

2.3 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= (252 \times 15) + (13 \times 428) / 1,000 = 9.34$ Kw

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(252 \times 15) + (13 \times 400)] \times 200 \times 10 / 1,000 = 18,688$ Kwh / year จาก

สมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 บาท/kWh)

ค่าไฟ $= (18,688 \times 4.2097) + (18,688 \times (-0.3729)) + [(78,670.87 - 6,968.76) \times 7/100]$

= 90,658.78 Baht/year

2.4 ทางเดินเชื่อมอาคารเฉลิมพระเกียรติและอาคาร 5

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= 6 \times 15 / 1,000 = 0.09$ Kw

จากสมการที่ (4.2) การใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน จำนวนวันที่ใช้งาน ต่อปี 288 วัน ต่อ ปี

$= 6 \times 15 \times 200 \times 10 / 1,000 = 180$ Kwh / year

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (180 \times 4.2097) + (180 \times (-0.3729)) + [(757.746 - 67.122) \times 7 / 100]$

= 873.21 Baht/year

3. ประเมินค่าความสว่างระหว่างค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าความสว่างที่วัดได้ ณ ปัจจุบัน

3.1 อาคารวิทยวิโรฒ

ห้องเรียนทั่วไป 1 ชั้น มี 7 ห้อง คือ 1301-1312 ซึ่งชั้น 3,4,5,6,7 ห้องเรียนทั่วไปจะมีขนาดเท่ากัน

3.1.1 ชั้น 3 ห้อง 1303 – 1312

ค่าความสว่างเฉลี่ย = 33,258/55

= 604.69 lux/ห้อง

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 3 คือ 604.69 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 3 ห้อง 1302

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตัวประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $A = L \times W$; $A = 10.30 \times 10.30$

จากการคำนวณ $$E = \frac{[(24 \times 3240) + (8 \times 1620] \times 0.8 \times 0.9}{106.09}$$

$$E = 615.69 \text{ lux}$$

3.1.2 ชั้น 4 ห้อง 1403 – 1412

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= 33,258/55$

$= 604.69$ lux/ห้อง

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 4 คือ 604.69 lux

3.1.3 ชั้น 5 ห้อง 1503 – 1508

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= 33,258/55$

$= 604.69$ lux/ห้อง

ชั้น 5 ห้อง 1509 - 1512 (ห้องแล็ป)

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= (671+561+648+537+651+551+643+635+539+583+512)/11$

$= 6,531/11$

$= 593.72$ lux/ห้อง

ค่าความสว่างเฉลี่ยของชั้น 5 $= (604.69+593.72)/2$

$= 1198.41/2$

$= 599.21$ lux/ชั้น

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 5 คือ 599.21 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 5 ห้อง 1510

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $A = L \times W$; $A = 10.05 \times 13.62$

จากการคำนวณ $$E = \frac{[(34 \times 3240) + (10 \times 1620] \times 0.8 \times 0.9}{136.881}$$

$$E = 664.66 \text{ lux}$$

3.1.4 ชั้น 6 ห้อง 1605 – 1606 และ 1611 – 1612

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= 33,258/55$

$= 604.69$ lux/ห้อง

ชั้น 6 ห้อง 1603 - 1604 (ห้องแล็ป)

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= (504+673+552+631+699+688+604+557+698+712)/10$

$= 6318/10$

$= 631.8$ lux/ห้อง

ชั้น 6 ห้อง 1607 - 1608 (ห้องแล็ป)

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= (532+360+424+423+493+546+632+397+479)/9$

$= 4,286/9$

$= 476.22$ lux/ห้อง

ชั้น 6 ห้อง 1609 - 1610 (ห้องแล็ป)

ค่าความสว่างเฉลี่ย$= (580+613+587+701+560+702+642+640+669+575+671)/11$

$= 6,940/11$

$= 630.90$ lux/ห้อง

ค่าความสว่างเฉลี่ยของชั้น 6 $= (604.69+631.8+476.22+630.90)/4$

$= 2,343.61/4$

$= 585.90$ lux/ชั้น

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 6 คือ 585.90 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 6 ห้อง 1604

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $\boldsymbol{A = L \times W}$; $A = 10.10 \times 13.58$

จากการคำนวณ $E = \dfrac{(40 \times 3240) \times 0.8 \times 0.9}{137.158}$

$E = 680.325$ lux

3.1.5 ชั้น 7 ห้อง 1703 – 1708

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $33,258/55$

= 604.69 lux/ห้อง

ชั้น 7 ห้อง 1709 - 1710

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $23,072/36$

= 640.88 lux/ห้อง

ชั้น 7 ห้อง 1711 – 1712

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $10,199/20$

= 509.95 lux/ห้อง

ค่าความสว่างเฉลี่ยของชั้น 7 = $(604.69+640.88+509.95)/3$

= $1,755.52/3$

= 585.17 lux/ชั้น

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 7 คือ 585.17 lux

ค่าความสว่างเฉลี่ยของอาคารวิทยวิโรฒ = $(604.69+604.69+599.21+585.90+585.17)/5$

= $2,979.66/5$

= 595.93 lux

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนอาคารวิทยวิโรฒ คือ 595.93 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 7 ห้อง 1710

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $A = L \times W$; $A = 9.40 \times 10.59$

จากการคำนวณ $$E = \frac{[(22\times3240)+(2\times1620]\times0.8\times0.9}{99.546}$$

$$E = 538.99\,\text{lux}$$

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของอาคารวิทยวิโรฒ $=(615.69+664.66+680.33+538.99)/4=624.92lux$

3.2 อาคาร 5

ห้องเรียนทั่วไป 1 ชั้น มี 6 ห้อง คือ 532 – 537

3.2.1 ชั้น 2 ห้อง 522 มีขนาดเท่ากันกับชั้น 3,4 ห้อง 532,542

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= 19,444/51$

$= 381.25$ lux/ห้อง

ชั้น 2 ห้อง 523-527 มีขนาดเท่ากันกับชั้น 3,4 ห้อง 533-537,543-547

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= 18,786/48$

$= 391.38$ lux/ห้อง

ค่าความสว่างเฉลี่ยของชั้น 2 $= (381.25+391.38)/2$

$= 772.63/2$

$= 386.32$ lux

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 2 คือ 386.32 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 2 ห้อง 522

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $A = L \times W$; $A = 8.079 \times 11.919$

จากการคำนวณ $E = \dfrac{(22 \times 3240) \times 0.8 \times 0.9}{96.294}$

$$E = 532.968\ lux$$

3.2.2 ชั้น 3 ห้อง 532

ค่าความสว่างเฉลี่ย $= 19,444/51$

= 381.25 lux/ห้อง

ชั้น 3 ห้อง 533 - 537

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $18,786/48$

= 391.38 lux/ห้อง

ค่าความสว่างเฉลี่ยของชั้น 3 = $(381.25+391.38)/2$

= $772.63/2$

= 386.32 lux

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 3 คือ 386.32 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 3 ห้อง 533

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $A = L \times W$; $A = 7.810 \times 8.079$

จากการคำนวณ $E = \frac{(20 \times 3240) \times 0.8 \times 0.9}{63.097}$

$E = 739.433\,\text{lux}$

3.2.3 ชั้น 4 ห้อง 542

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $19,444/51$

= 381.25 lux/ห้อง

ชั้น 4 ห้อง 543 - 547

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $18786/48$

= 391.38 lux/ห้อง

ค่าความสว่างเฉลี่ยของชั้น 4 = $(381.25+391.38)/2$

= $772.63/2$

= 386.32 lux

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 4 คือ 386.32 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 4 ห้อง 543

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $\boldsymbol{A = L \times W}$; $A = 7.810 \times 8.079$

จากการคำนวณ $E = \dfrac{(20 \times 3240) \times 0.8 \times 0.9}{63.097}$

$E = 739.433\ lux$

3.2.4 ชั้น 5 ห้อง 552 - 557

ค่าความสว่างเฉลี่ย = $143275 / 51$

= 2809.31 lux/ห้อง

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนชั้น 5 คือ 2809.31 lux

ค่าความสว่างเฉลี่ยของอาคาร 5 = $(386.32 + 386.32 + 386.32 + 2,809.31) / 4$

= $3,968.27 / 4$

= 992.06 lux

ดังนั้น ค่าความสว่างเฉลี่ยของห้องเรียนอาคาร 5 คือ 992.06 lux

<u>คำนวณโดยใช้สูตร</u>

(1) ชั้น 5 ห้อง 556

ค่าตัวประกอบการใช้งาน (UF) จะได้ UF = 0.9

ค่าตังประกอบการซ่อมบำรุง (MF) จะได้ MF = 0.8

จากสมการที่ (2.9) ;

จากการสำรวจ $\boldsymbol{A = L \times W}$; $A = 8.32 \times 8.668$

จากการคำนวณ $E = \dfrac{(18 \times 3240) \times 0.8 \times 0.9}{72.118}$

$E = 582.246\ lux$

ค่าความสว่างเฉลี่ยของอาคาร 5 $= (532.97 + 739.43 + 739.43 + 582.25) / 4 = 648.52\ lux$

ภาคผนวก ข

การเปลี่ยนเป็นหลอดไฟ LED

1. แสดงการคำนวณค่าไฟในแต่ละอาคาร

1.1 อาคารวิทยาวิโรฒ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= [(1,464 \times 16) + (456 \times 8)] / 1,000 \ = 27.07 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(1464 \times 16) + (456 \times 8)] \times 10 \times 200 / 1000 \ = 54,140 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (54,140 \times 4.2097) + (54,140 \times (-0.3729)) + [(227,913.16 - 20,188.81) \times 7 / 100]$

= 262,642.67 Baht/year

1.2 อาคาร 5

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= (274 \times 16) / 1,000 \ = 4.38 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= (274 \times 16 \times 10 \times 200) / 1,000 \ = 8,768 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (8,768 \times 4.2097) + (8,768 \times (-0.3729)) + [(36,910.65 - 3,269.59) \times 7 / 100]$

= 42,535.11 Baht/year

1.3 อาคาร 2

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= [(185 \times 16) + (10 \times 8)] / 1,000 \ = 3.04 \text{ Kw}$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(185 \times 16) + (10 \times 8)] \times 10 \times 200) / 1,000 \ = 6,080 \text{ Kwh / year}$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (6,080 \times 4.2097) + (6,080 \times (-0.3729)) + [(25,594.98 - 2,267.23) \times 7 / 100]$

= 29,495.15 Baht/year

1.4 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= [(559 \times 16) + (32 \times 8) + (112 \times 200)] / 1,000 \ = 31.6 \ Kw$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(559 \times 16) + (32 \times 8) + (112 \times 200)] \times 10 \times 200) / 1,000 \ = 63,200 \ Kwh / year$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (63,200 \times 4.2097) + (63,200 \times (-0.3729)) + [(266,053.04 - 23,567.28) \times 7 / 100]$

= 306,594.32 Baht/year

2. แสดงการคำนวณค่าไฟสำหรับไฟทางเดินในแต่ละอาคาร

2.1 อาคารวิทยวิโรฒ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= 104 \times 9 / 1,000 \ = 0.936 \ Kw$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= 104 \times 9 \times 200 \times 10 / 1,000 \ = \ 1,872 \ Kwh / year$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (\ 1,872 \times 4.2097) + (\ 1,872 \times (-0.3729)) + [(7,880.55 - 698.07) \times 7 / 100]$

= 9,081.4 Baht/year

2.2 อาคารเฉลิมพระเกียรติ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= (252 \times 9) + (13 \times 200) / 1,000 \ = 4.87 Kw$

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= [(252 \times 9) + (13 \times 200)] \times 10 \times 200 / 1,000 \ = 9,740 \ Kwh / year$

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (9,740 \times 4.2097) + (9,740 \times (-0.3729)) + [(41,002.48 - 3,632.05) \times 7 / 100]$

= 47,250.46 Baht/year

2.3 อาคาร 5

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= 39 \times 9 / 1,000 = 0.351$ Kw

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= 39 \times 9 \times 200 \times 10 / 1,000 = 702$ Kwh / year

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

ค่าไฟ $= (702 \times 4.2097) + (702 \times (-0.3729)) + [(2,955.21 - 261.78) \times 7 / 100]$

= 3405.53 Baht/year

2.4 ทางเดินเชื่อมอาคารเฉลิมพระเกียรติและอาคารวิทยวิโรฒ

จากสมการที่ (4.1) กำลังไฟฟ้า $= (6 \times 9) / 1,000 = 0.054$ Kw

จากสมการที่ (4.2) พลังงานการใช้งาน 10 ชั่วโมง ต่อ วัน 200 วัน ต่อ ปี

$= 6 \times 9 \times 200 \times 10 / 1,000 = 108$ Kwh / year

จากสมการที่ (4.3) คิดเป็นเงิน ค่าไฟเฉลี่ย (4.2097 Baht/kWh)

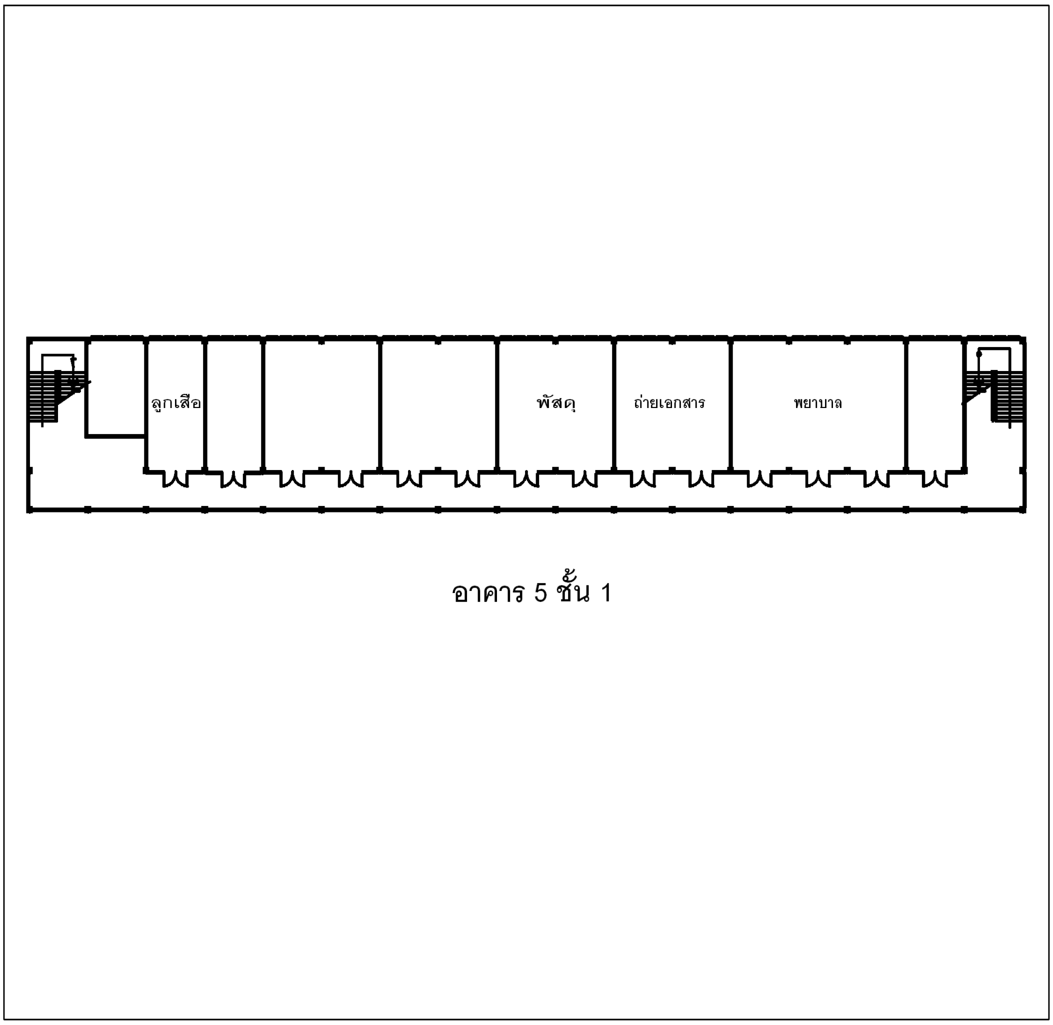
ค่าไฟ $= (108 \times 4.2097) + (108 \times (-0.3729)) + [(454.64 - 40.27) \times 7 / 100]$

= 523.92 Baht/year

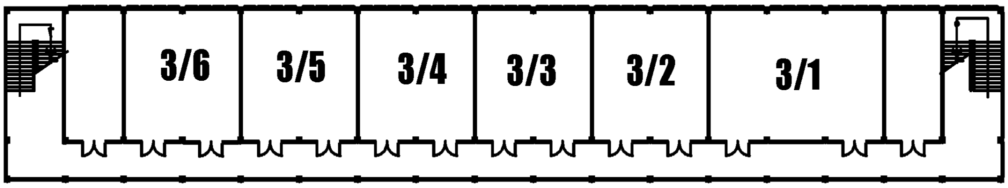
ภาคผนวก ค

แปลนอาคารเรียน

1. อาคาร 5

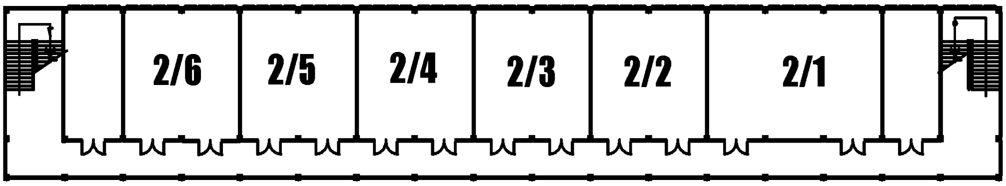


รูปที่ 1 อาคาร 5 ชั้น 1

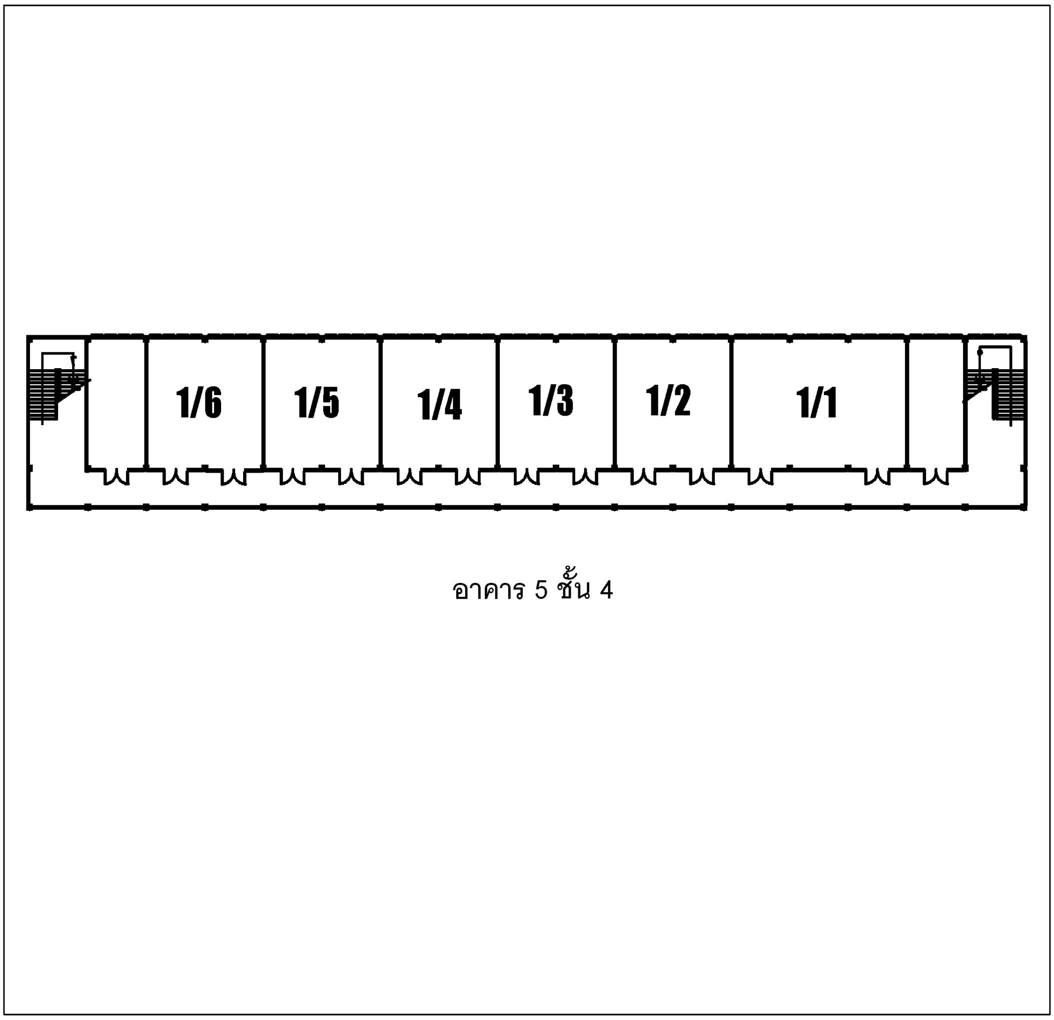


อาคาร 5 ชั้น 2

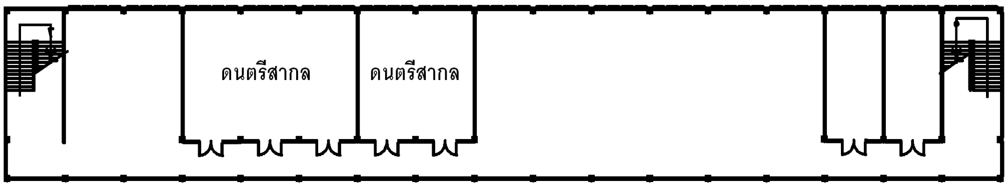
รูปที่ 2 อาคาร 5 ชั้น 2



รูปที่ 3 อาคาร 5 ชั้น 3



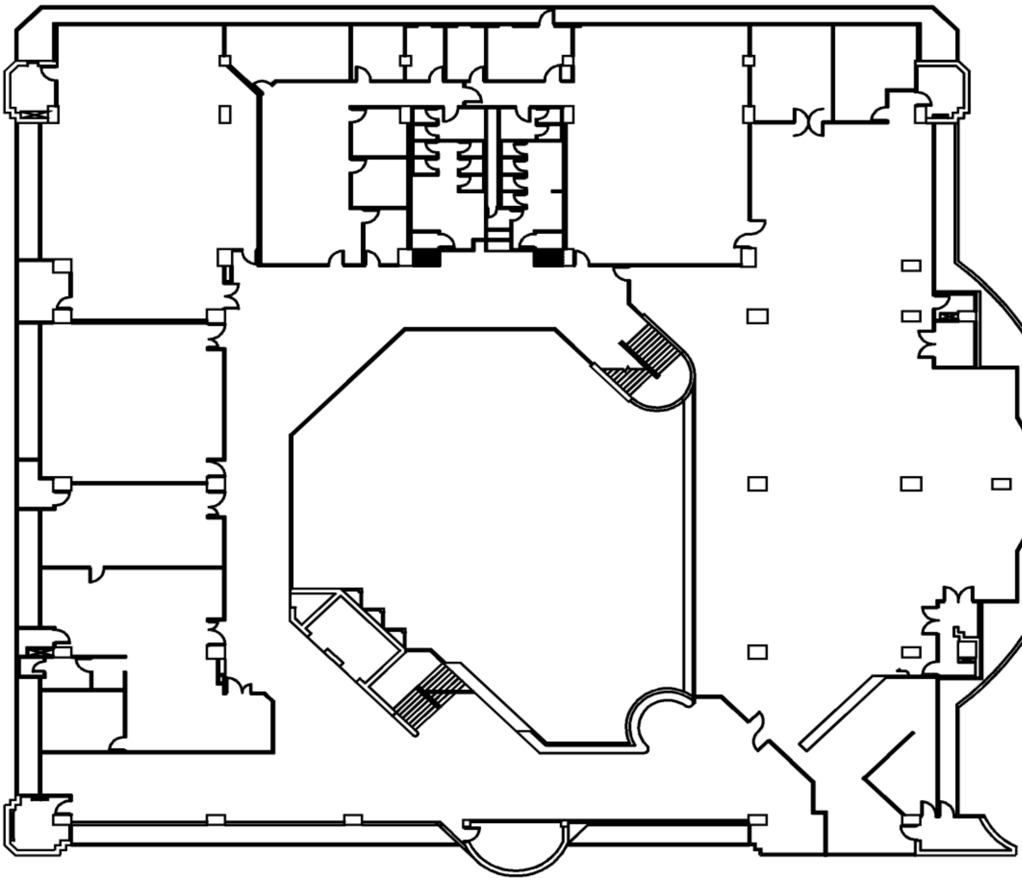
รูปที่ 4 อาคาร 5 ชั้น 4



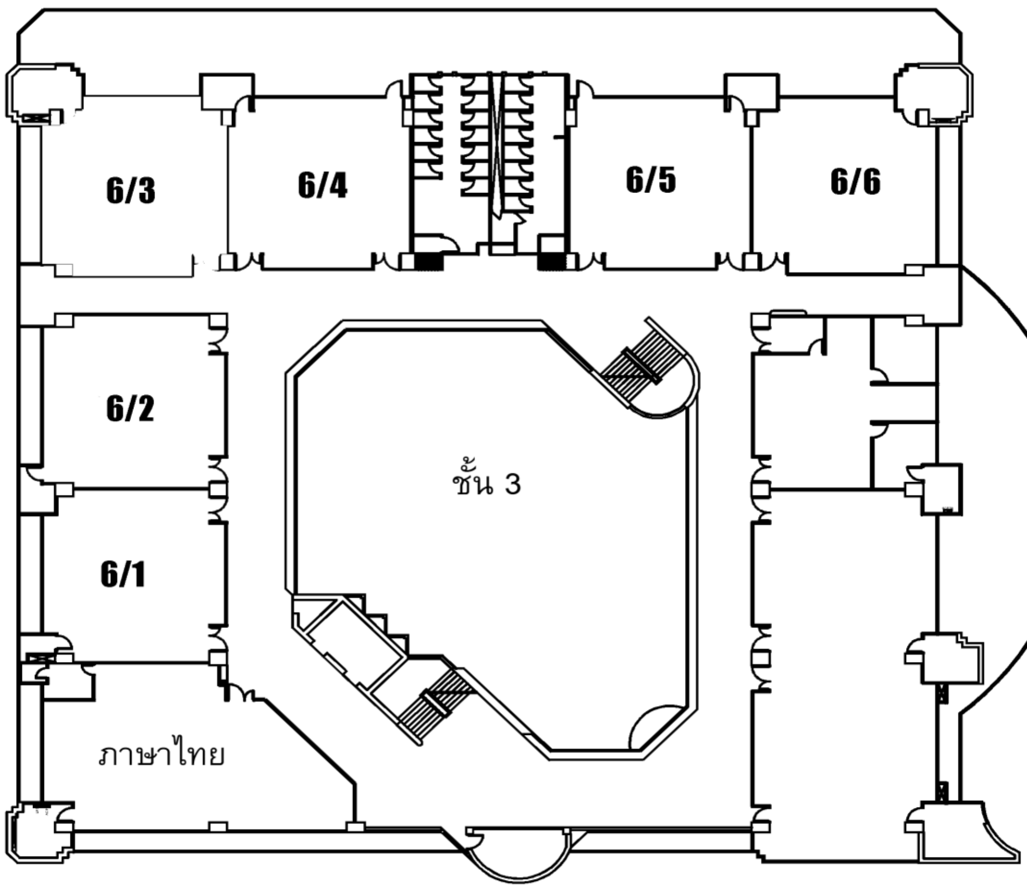
อาคาร 5 ชั้น 5

รูปที่ 5 อาคาร 5 ชั้น 5

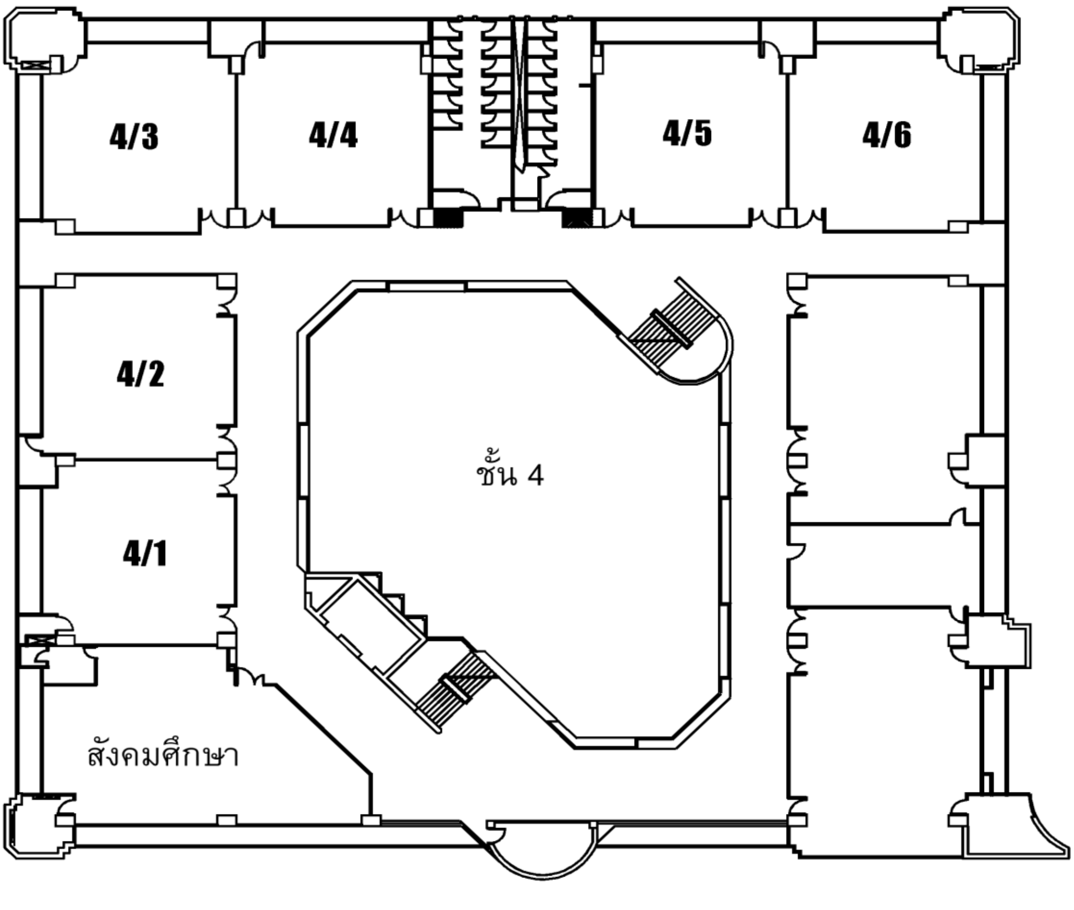
2. อาคารวิทยวิโรฒ



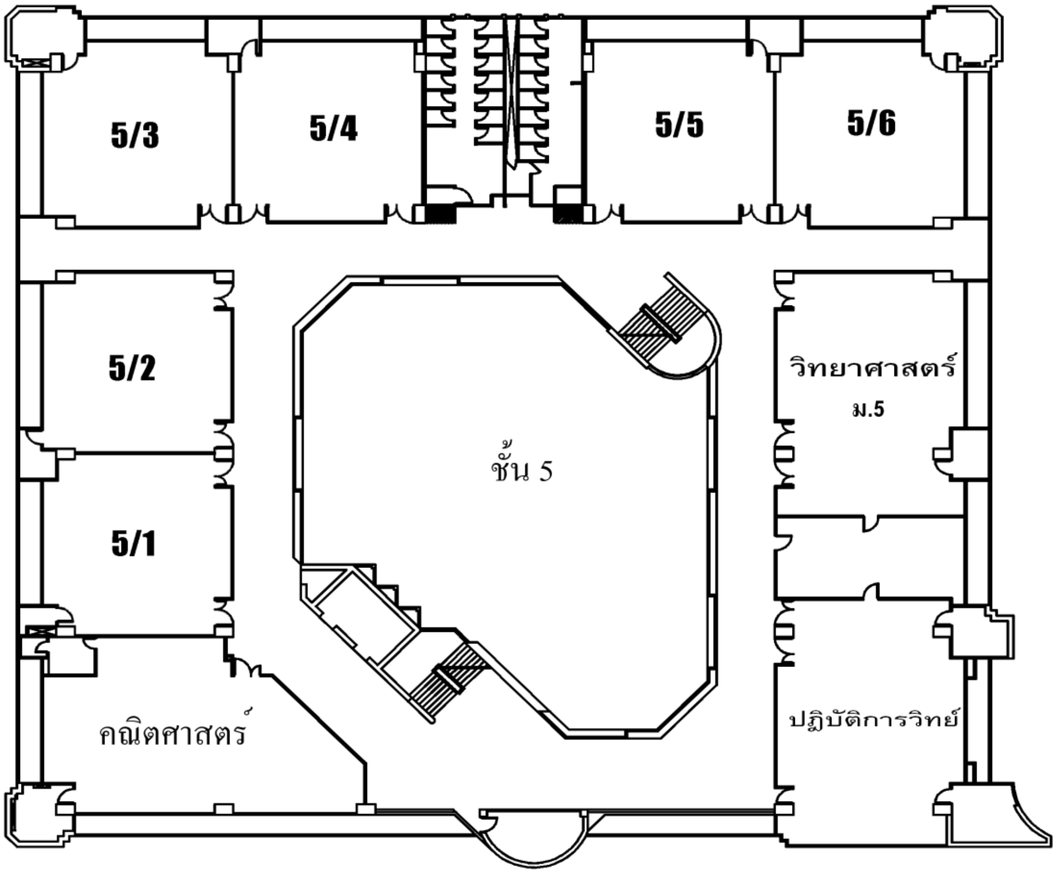
รูปที่ 6 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 2



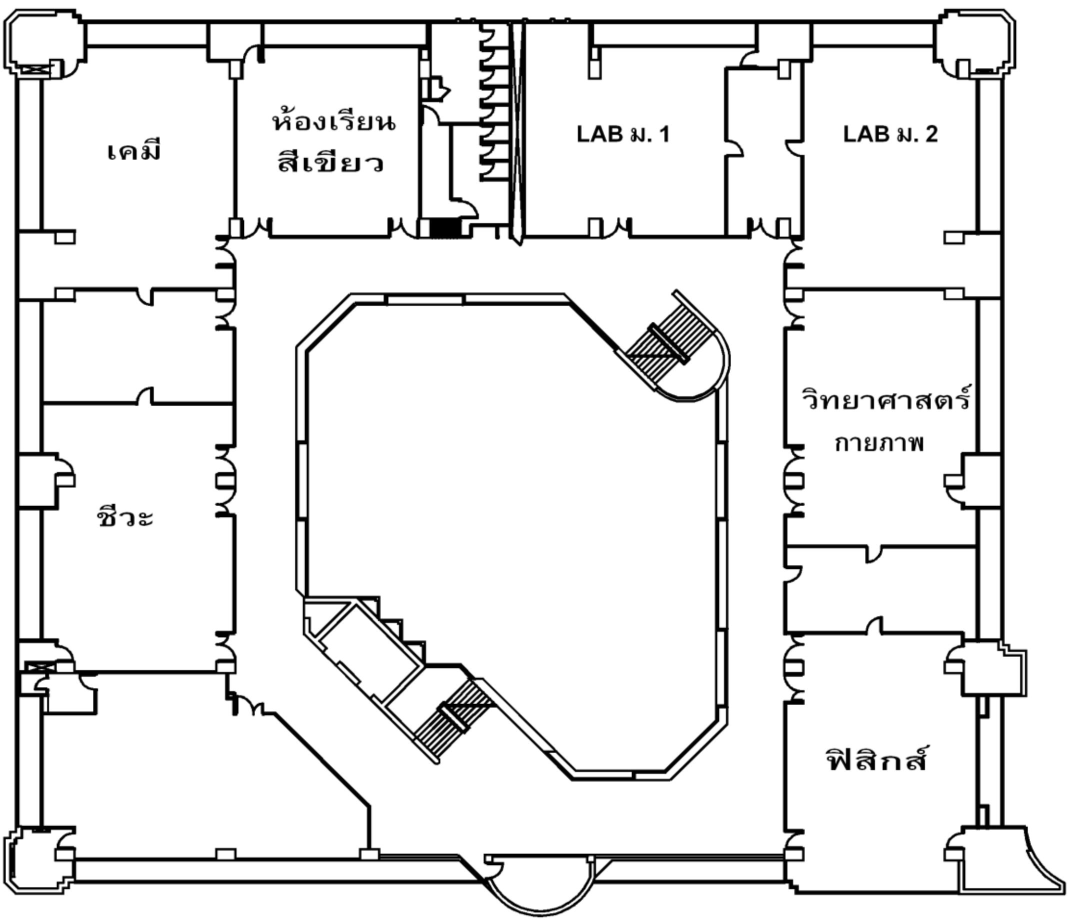
รูปที่ 7 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 3



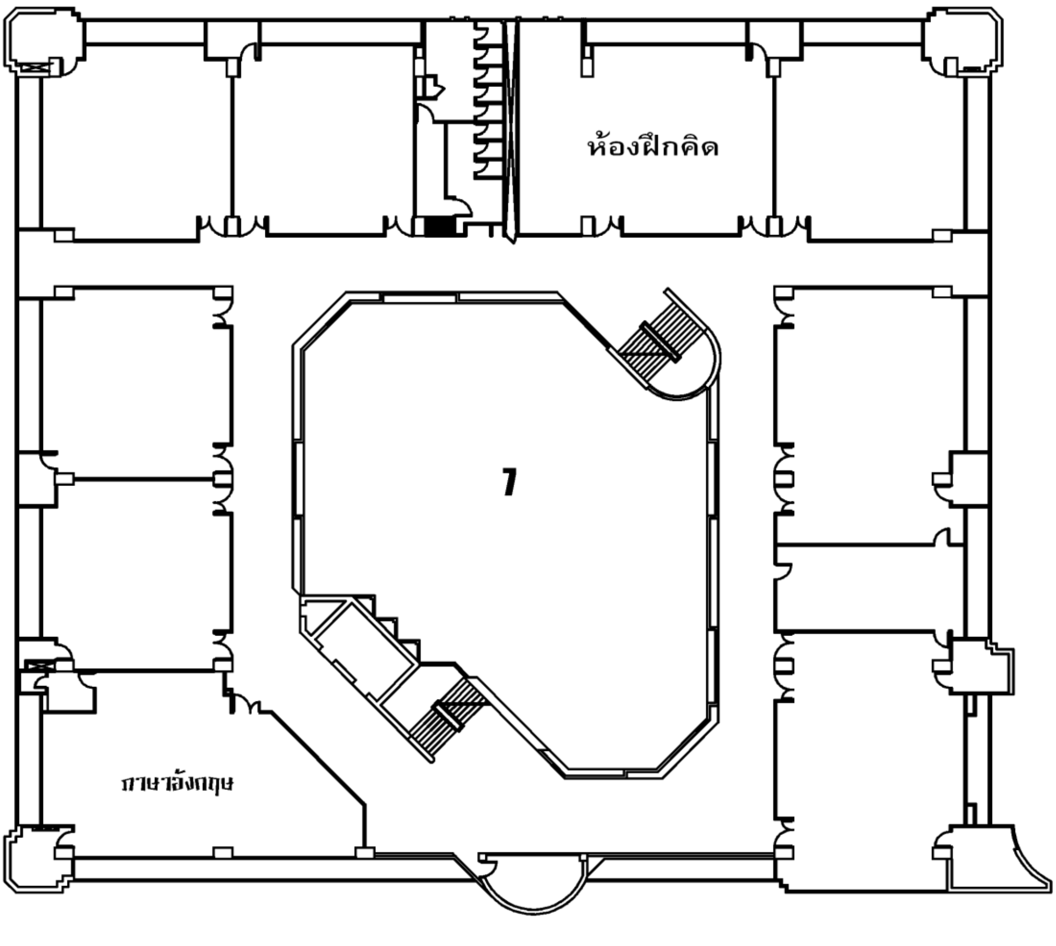
รูปที่ 8 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 4



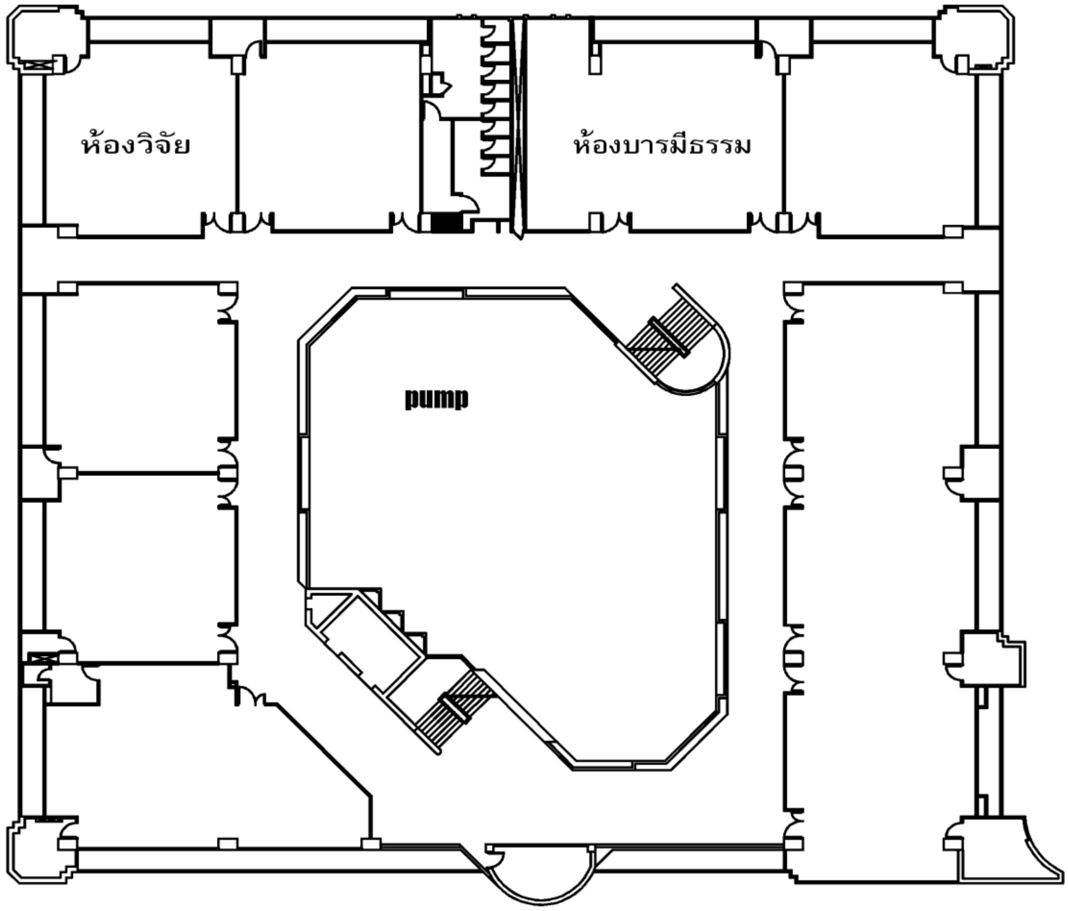
รูปที่ 9 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 5



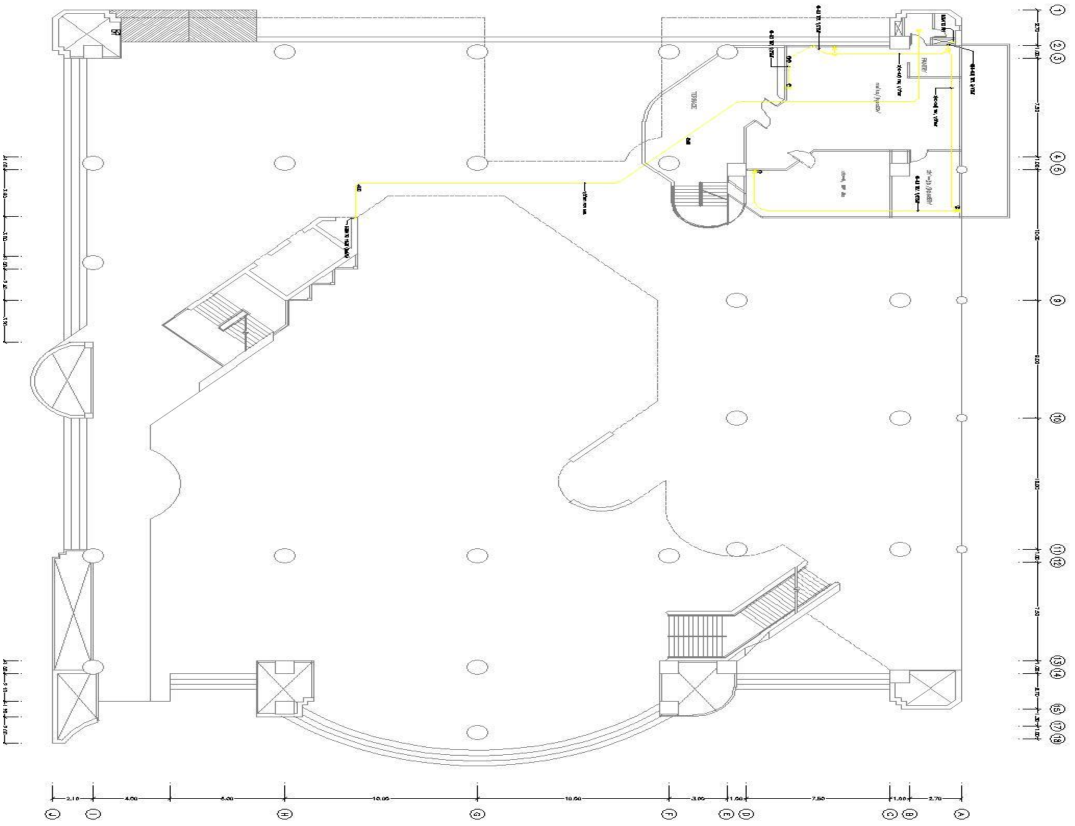
รูปที่ 10 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 6



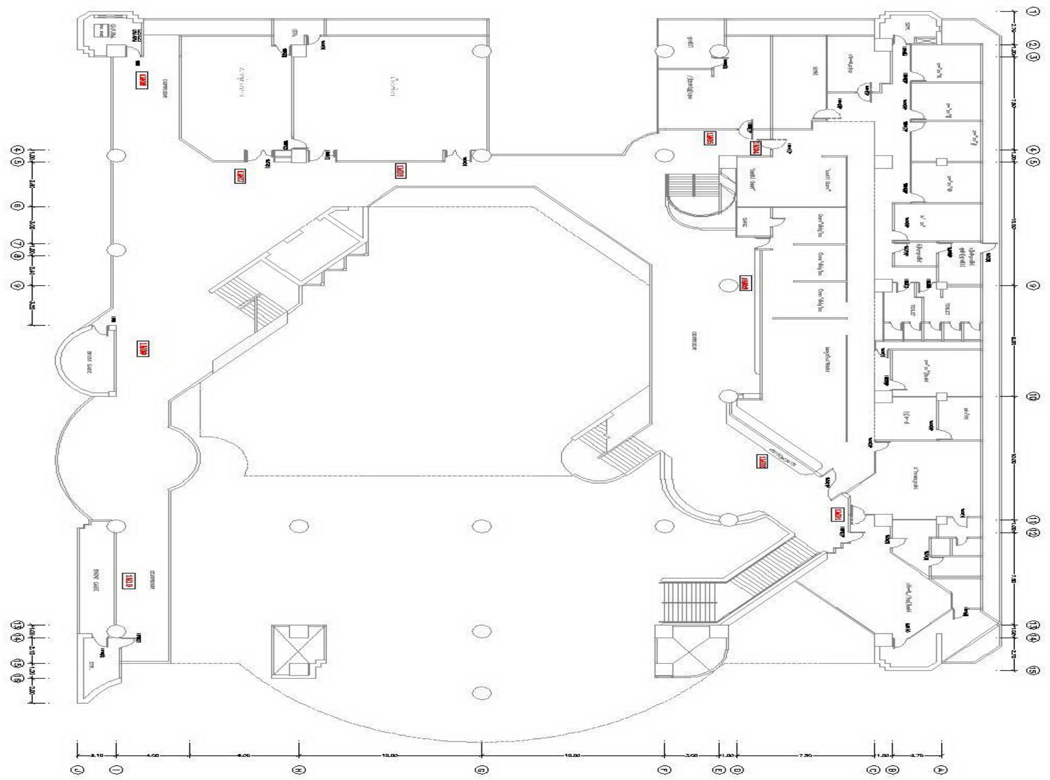
รูปที่ 11 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 7



รูปที่ 12 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น 8

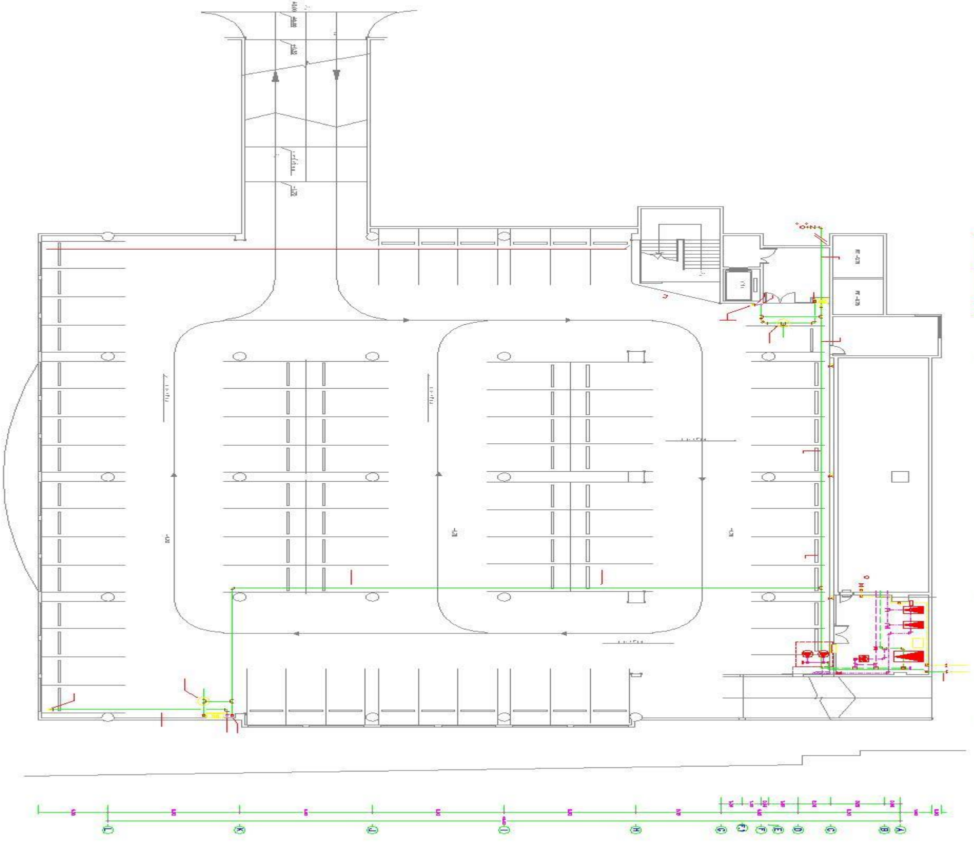


รูปที่ 13 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น G+1

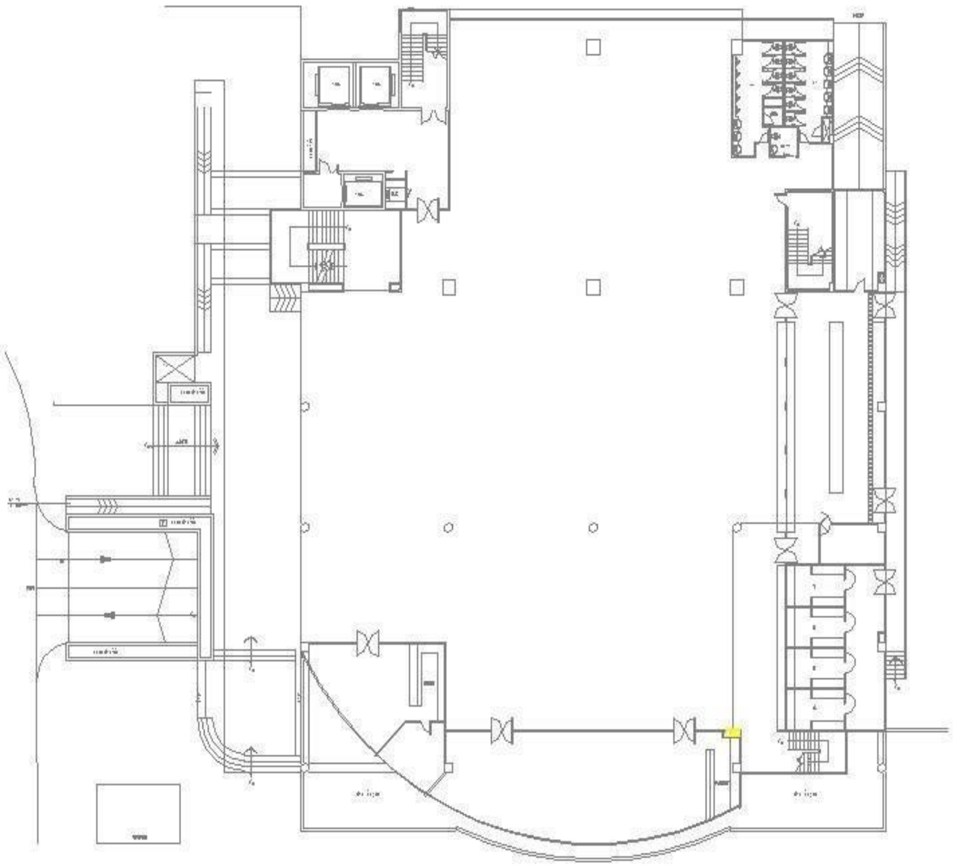


รูปที่ 14 อาคารวิทยวิโรฒ ชั้น M

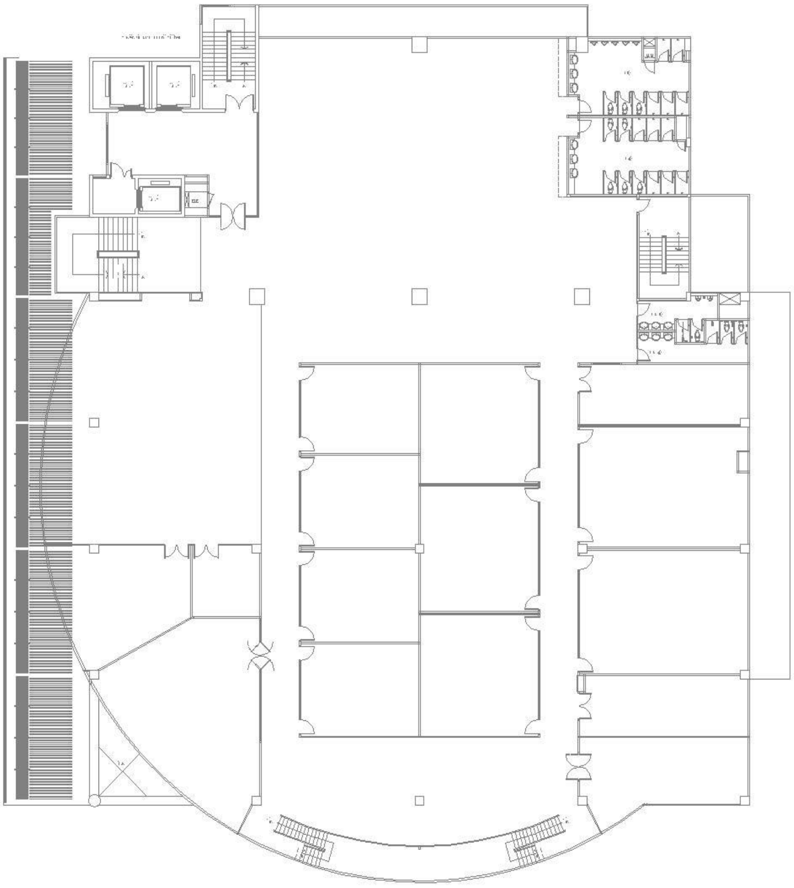
3. อาคารเฉลิมพระเกียรติ



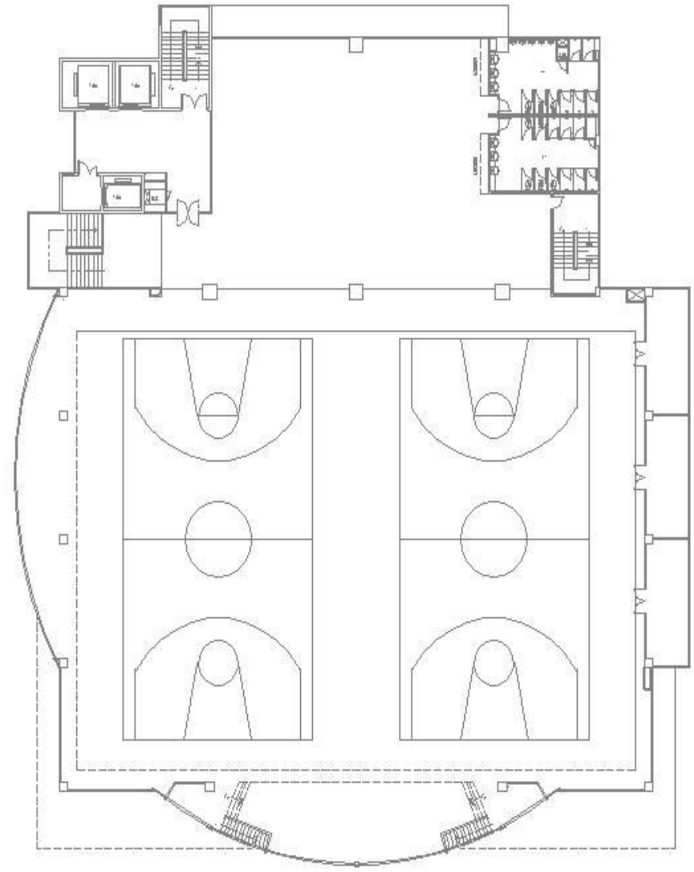
รูปที่ 15 อาคารเฉลิมพระเกียรติ ชั้นใต้ดิน



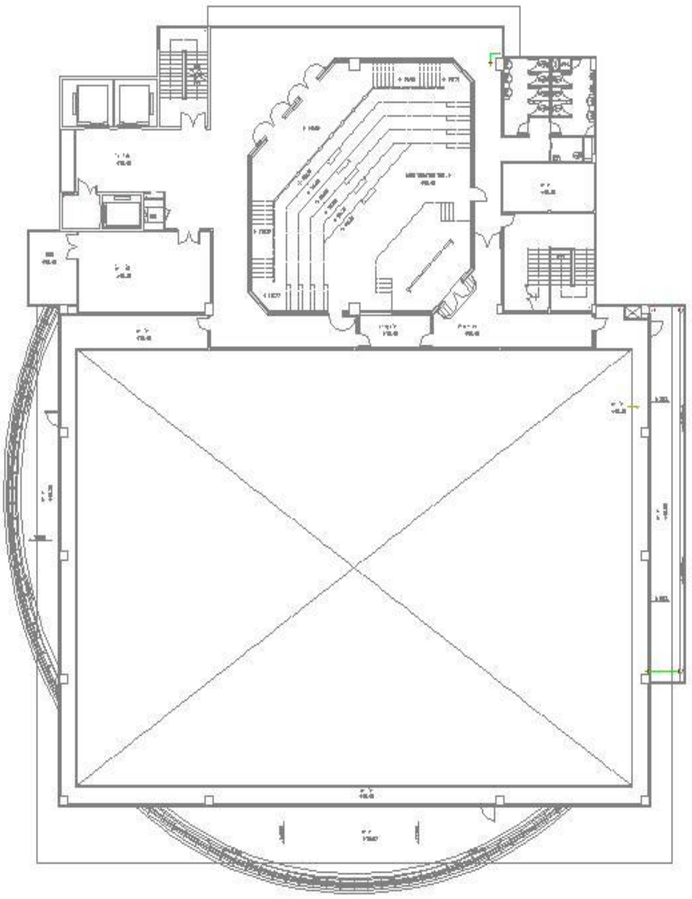
รูปที่ 16 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 1



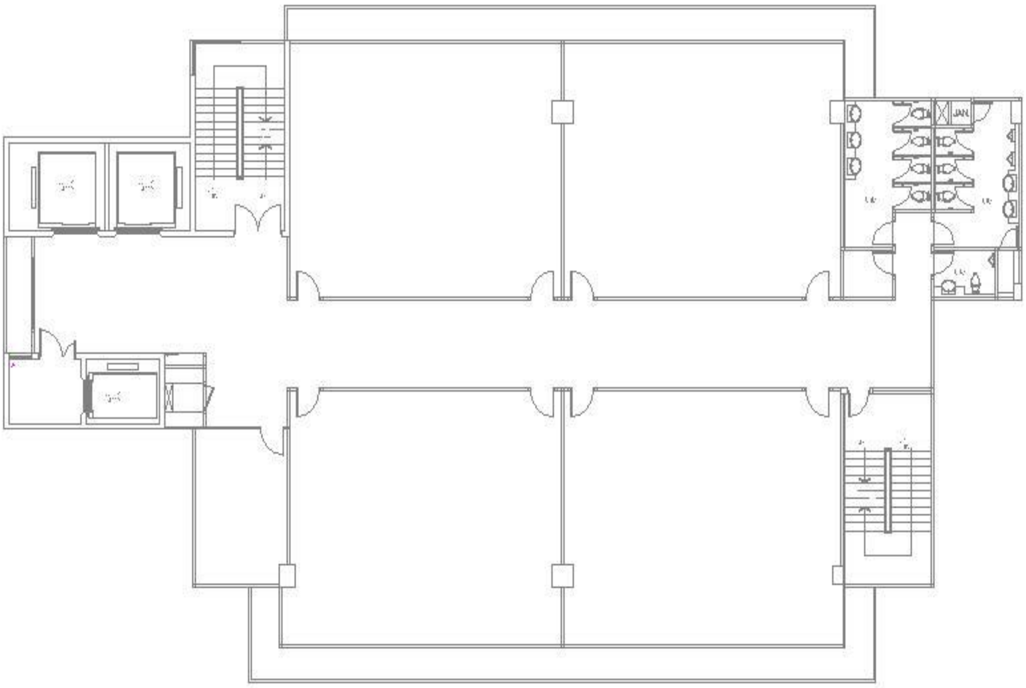
รูปที่ 17 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 2



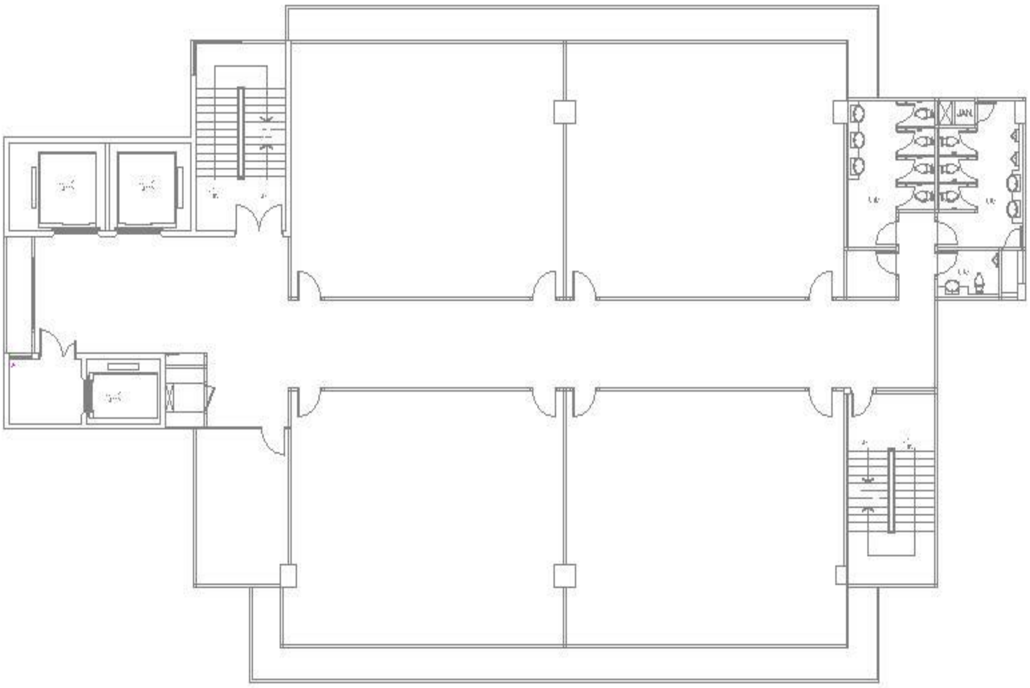
รูปที่ 18 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 3



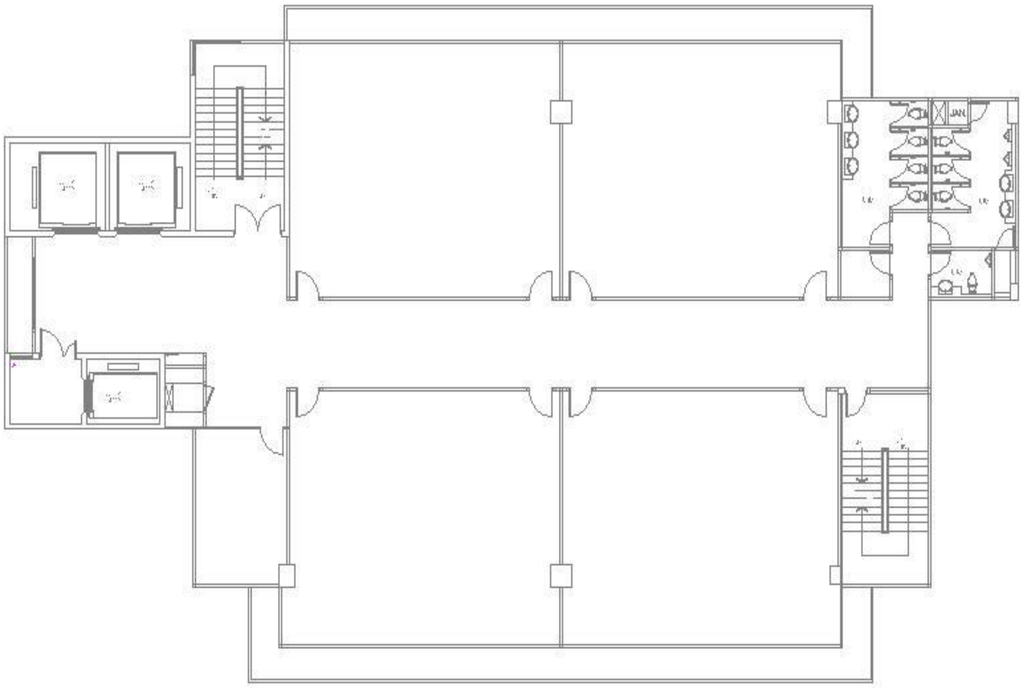
รูปที่ 19 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 4



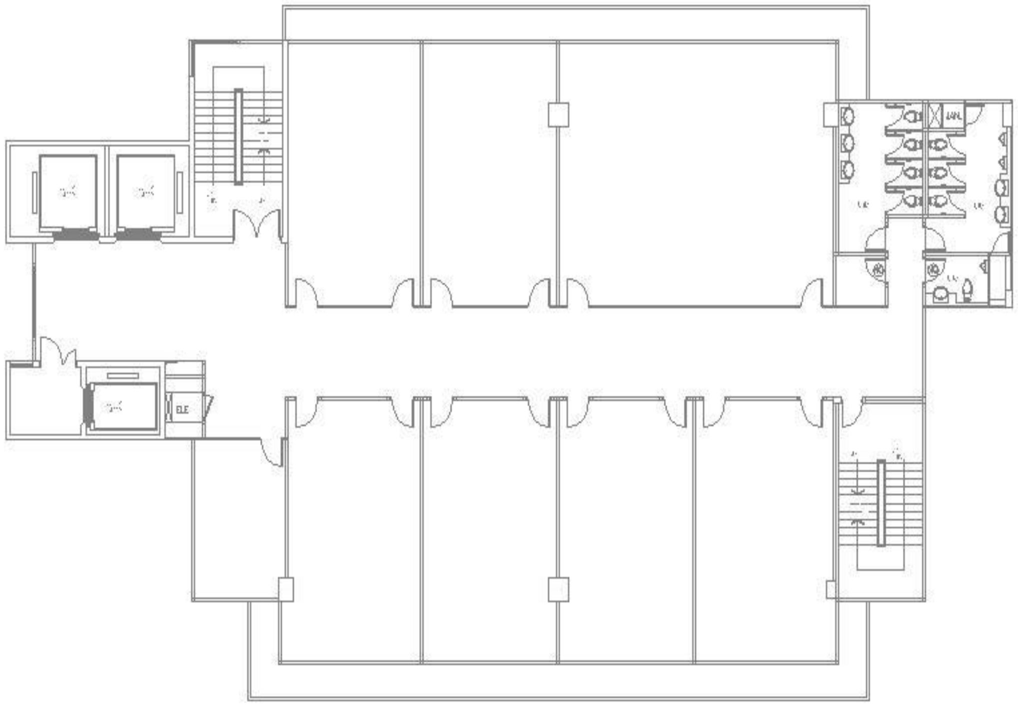
รูปที่ 20 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 5



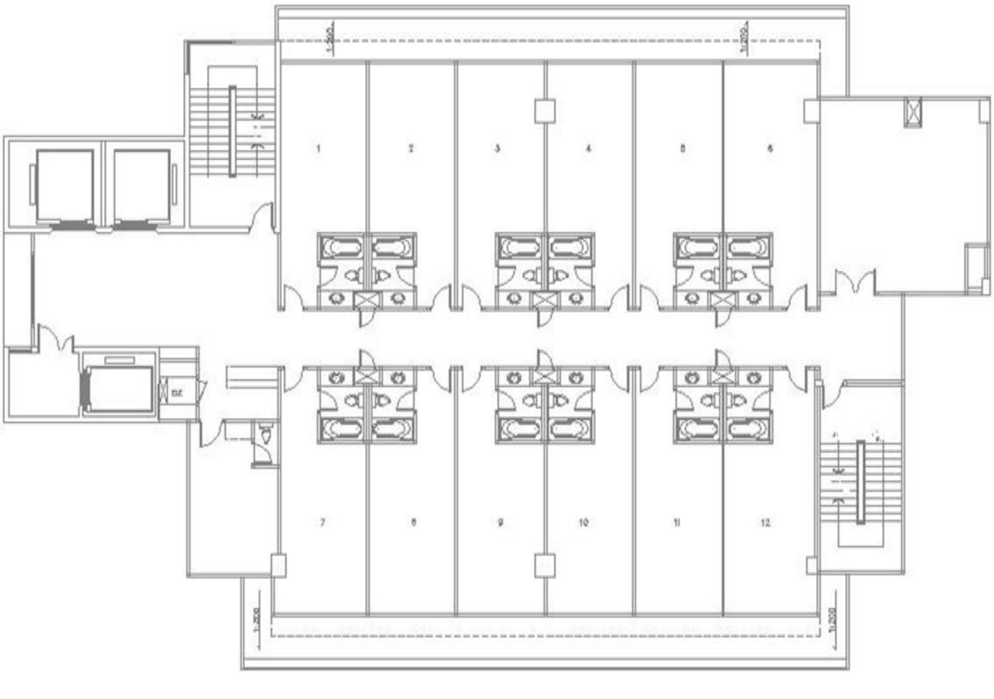
รูปที่ 21 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 6



รูปที่ 22 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 7



รูปที่ 23 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 8



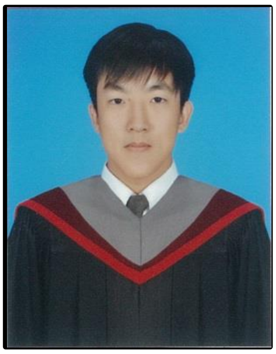
รูปที่ 24 อาคารเฉลิมพระเกียรติชั้น 9

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน

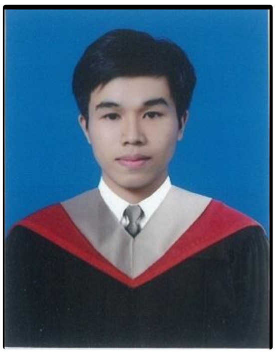
ชื่อ ชื่อสกุล	นางสาวโชษิตา ปุสสะรังษี
วันเดือนปีเกิด	1 เมษายน 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมืองสุพรรณบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	423 หมู่ 2 ต.บ้านโข้ง อ.อู่ทอง จ.สุพรรณบุรี 72160
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	086-751-2220
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนสงวนหญิง จังหวัดสุพรรณบุรี
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน



ชื่อ ชื่อสกุล	นายณฤทธิพงศ์ นิลประภาพร
วันเดือนปีเกิด	3 มกราคม 2537
สถานที่เกิด	เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	81/318 หมู่ที่ 5 ต.ลาดสวาย อ.ลำลูกกา จ.ปทุมธานี 12120
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	086-361-1806
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2556	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัยปทุมธานี
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติย่อผู้ทำโครงงาน



ชื่อ ชื่อสกุล	นายนภดล นาคมี
วันเดือนปีเกิด	25 กันยายน 2538
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	254/42 เขตจตุจักร แขวงจตุจักร จังหวัดกรุงเทพมหานคร 10900
หมายเลขโทรศัพท์ติดต่อ	080-623-6394
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2557	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนหอวัง
พ.ศ. 2560	กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ