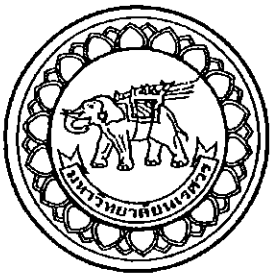
สำนักหอสมุด

อภินันทนาการ



การตรวจสอบระบบไฟฟ้าชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

VERIFICATION OF ELECTRICAL SYSTEM AT THE 4th FLOOR OF NARESUAN UNIVERSITY LIBRARY

นายวุฒิพร อนุกูล รหัส 54361152
นางสาวจิราพัชร บุญศิริ รหัส 54363668
นางสาวสุวิชชา บุษบก รหัส 54364351

i 7194833

ปร
วิ๙๗ก
๒๕๕๗

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 10 ต.ค. 2560
เลขทะเบียน.....
เลขเรียกหนังสือ.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2557

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การตรวจสอบระบบไฟฟ้าชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวุฒิพร อนุกูล รหัส 54361152
	นางสาวจิราพัชร บุญศิริ รหัส 54363668
	นางสาวสุวิชชา บุษบก รหัส 54364351
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	2557

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น)

..... กรรมการ
(ดร.มุฑิตา สงฆ์จันทร์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ไพศาล มุณีสว่าง)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การตรวจสอบระบบไฟฟ้าชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายวุฒิพร	อนุกูล	รหัส 54361152
	นางสาวจิราพัชร	บุญศิริ	รหัส 54363668
	นางสาวสุวิชชา	บุษบก	รหัส 54364351
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น		
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า		
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์		
ปีการศึกษา	2557		

.....

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรมีที่มีพื้นที่ให้บริการชั้น 1 ไม่เพียงพอต่อจำนวนนิสิตที่เข้าใช้บริการ สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรจึงมีความจำเป็นที่จะขยายพื้นที่ให้บริการแก่นิสิต โดยการย้ายส่วนของสำนักงานในชั้นต่างๆ รวมไว้ที่ชั้น 4 ทำให้สามารถรับนิสิตเพิ่มมากขึ้นได้ โครงงานฉบับนี้จึงนำเสนอการตรวจสอบความถูกต้องของแบบแปลนระบบไฟฟ้าส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรที่ได้รับจากกองอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ประกอบด้วย 6 ระบบได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และระบบป้องกันฟ้าผ่าพร้อมทั้งการประมาณราคาของวัสดุอุปกรณ์และราคาค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งของแต่ละระบบ และได้เปรียบเทียบผลการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้ากับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551)ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ จากผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้าส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด พบว่ามีระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย และระบบป้องกันฟ้าผ่า ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าและตามเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาชีพที่ได้กำหนดไว้ ส่วนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าในเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ภายในส่วนต่อเติมชั้น 4 ทั้งนี้ได้เสนอแนะให้มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

Project title	Verification of Electrical System at the 4th Floor of Naresuan University
Name	Mr. Wuttiporn Anukool ID. 54361152
	Miss. Jiraphat Bunsiri ID. 54363668
	Miss. Suwichcha Bosabok ID. 54364351
Project advisor	Assistant Professor Suchart Yammen , Ph.D.
Major	Electrical Engineering
Department	Electrical and Computer Engineering
Academic year	2014

Abstract

The Naresuan University (NU) Library has not enough area in the first floor for serving students who receive the service of the NU library. It is necessary to expand the service area for increasing students by moving the office in the frist floor into the 4th floor. This project is to verify the electrical system drawing of the 4th floor consisting of six systems: lighting system, plug system, air condition system, network system, fire alarm system and lightning protection system. Price estimation of materials and labours was also calculated to compare with the professional standards by using the electrical installation standards for Thailand in 2002 (1st edition in 2008) printed by the Engineering Institute of Thailand under Royal Patronage. From the verification results of verifying the electrical system of the 4th floor of the NU Library, it was found that the lighting system, the plug system, the air condition system, the network system and the lightning protection system were met the installation standards and the professional standards to be defined. For the fire alarm system, it did not meet the installation standards because heat detectors installed does not cover all working areas in the 4th floor.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ดำเนินโครงงานขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาติ แย้มเม่น ที่ปรึกษาโครงงาน ซึ่งเอาใจใส่ในรายละเอียดทุกขั้นตอนของการดำเนินโครงงาน โดยให้คำปรึกษาและคำแนะนำในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ อย่างต่อเนื่องจนกระทั่งโครงงานสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี รวมถึงแนะนำหลักการเขียนปริญญานิพนธ์และตรวจทานแก้ไขอย่างละเอียดจนได้ปริญญานิพนธ์เป็นรูปเล่มสมบูรณ์

ในท้ายที่สุดนี้ เหนือสิ่งอื่นใด ผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดาและมารดาที่ให้การสนับสนุนในทุกด้านเกี่ยวกับการศึกษาของผู้ดำเนินโครงงาน รวมทั้งมอบความรัก ความเมตตาและคอยเป็นกำลังใจให้จนประสบความสำเร็จในวันนี้

ผู้จัดทำโครงงานจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

นายวุฒิพร อนุกูล
นางสาวจิราพัชร บุญศิริ
นางสาวสุวิชชา บุษบก

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญรูป ..... ฌ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน 1
1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 2
1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน 3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4
1.7 งบประมาณ 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 5
2.1 ระบบแสงสว่าง 5
2.1.1 ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธีสัดส่วนโพรง (Zonal cavity method) 8
2.1.2 การจัดวางตำแหน่งดวงโคม 9
2.2 ระบบเต้ารับ 12
2.3 ระบบปรับอากาศ 14
2.3.1 ภาระความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน (Transmission Heat Load) 14
2.3.2 ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) 15
2.3.3 ความร้อนแฝง (Latent Heat) 16
2.3.4 ภาระความร้อนเนื่องจากการถ่ายเทอากาศ (Ventilation Heat Gain) 16
2.4 ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 18

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.5 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ 19
2.5.1 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน 19
2.5.2 อุปกรณ์ตรวจจับควัน 20
2.6 ระบบป้องกันฟ้าผ่า 22
2.6.1 ระบบตัวนำล่อฟ้า 23
2.6.2 ระบบตัวนำลงดิน 25
2.6.3 ระบบรากสายดิน 26
2.7 การคำนวณโหลด 27
2.8 การประมาณราคาระบบไฟฟ้า 30

บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 33
3.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งาน 33
3.2 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 35
3.3 ตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า 36
3.3.1 ระบบแสงสว่าง 36
3.3.2 ระบบเต้ารับ 37
3.3.3 ระบบปรับอากาศ 38
3.3.4 ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ 39
3.3.5 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ 39
3.3.6 ระบบป้องกันฟ้าผ่า 39
3.4 เปรียบเทียบการออกแบบแปลนระบบไฟฟ้ากับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ 40
3.5 จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนระบบไฟฟ้า 40
3.6 วิเคราะห์ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้า 40
3.7 จัดทำรายงานการประเมินราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้า 40
3.8 จัดทำรายงานผลการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า 40
3.9 จัดทำการตรวจสอบคุณภาพรายงานโดยผู้เชี่ยวชาญ 41
3.10 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์ 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 การตรวจสอบและวิเคราะห์ผล 42

4.1 ผลการตรวจสอบระบบแสงสว่าง 42

4.2 ผลการตรวจสอบระบบเต้ารับ 48

4.3 ผลการตรวจสอบระบบปรับอากาศ 49

4.4 ผลการตรวจสอบระบบเครือข่าย 60

4.5 ผลการตรวจสอบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ 61

4.6 ผลการตรวจสอบระบบป้องกันฟ้าผ่า 64

4.7 ผลการประมาณราคา 68

4.7.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 69

4.7.2 ระบบเต้ารับ 69

4.7.3 ระบบปรับอากาศ 70

4.7.4 ระบบเครือข่าย 71

4.7.5 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ 72

4.7.6 ระบบป้องกันฟ้าผ่า 73

4.7.7 จัดทำราคาในรูปของบัญชีแสดงปริมาณวัตถุ 73

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 77

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 77

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข 77

5.3 คำแนะนำ 78

เอกสารอ้างอิง 80

ภาคผนวก ก ข้อมูลสำหรับใช้ในการตรวจสอบ 82

ภาคผนวก ข ข้อกำหนดในการตรวจสอบ 100

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 108

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 ความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆกัน 5
2.2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน 21
2.3 การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าตามระดับการป้องกัน 23
2.4 ขนาดต่ำสุดของวัสดุในระบบป้องกันฟ้าผ่า 26
2.5 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง 28
2.6 ดีมานด์แฟกเตอร์ สำหรับสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย 29
2.7 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป 29
4.1 จำนวนดวงโคมที่ใช้ในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด 43
4.2 จำนวนดวงโคมหลังออกแบบโดยวิธีแบ่งสัดส่วนโพรง 46
4.3 รายละเอียดวงจรย่อยของระบบแสงสว่าง 47
4.4 รายละเอียดวงจรย่อยของระบบเต้ารับ 48
4.5 แสดงค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนของกำแพง 51
4.6 แสดงค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนของหลังคาและฝ้าเพดาน 52
4.7 รวมปริมาณภาระความร้อนของห้องสำนักงาน 55
4.8 สรุปภาระการทำความเย็น 55
4.9 ขนาดเครื่องปรับอากาศที่เลือกใช้ 56
4.10 เปรียบเทียบขนาดภาระการทำความเย็น 56
4.11 รายละเอียดวงจรย่อยของระบบปรับอากาศ 57
4.12 แสดงตารางโหลด 59
4.13 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง 69
4.14 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบเต้ารับ 70
4.15 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ 71
4.16 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบเครือข่าย 72
4.17 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ 73
4.18 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบป้องกันฟ้าผ่า 73
4.19 บัญชีแสดงปริมาณวัตถุระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด 74

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงการแบ่งสัดส่วนของโพรงห้อง 6
2.2 แสดงการแบ่งสัดส่วนของโพรง 7
2.3 เต้ารับเดี่ยวและเต้ารับคู่ ตามมาตรฐาน มอก. 166-2549 13
2.4 การกำหนดขนาดโหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป 13
2.5 แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน 20
2.6 แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน 22
2.7 ตัวนำล่อฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่าบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ 24
2.8 ตัวนำล่อฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่าบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียง 24
2.9 ตัวอย่างของการออกแบบตัวนำล่อฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แยกอิสระ โดยวิธีตาข่าย 25
3.1 สอบถามข้อมูล 33
3.2 สำรวจบริเวณส่วนต่อเติมชั้น 4 ฝั่งขวาของอาคารสำนักหอสมุด 34
3.3 สำรวจบริเวณส่วนต่อเติมชั้น 4 ฝั่งซ้ายของอาคารสำนักหอสมุด 34
3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณ 37
3.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการหาจำนวนเต้ารับ 38
4.1 การแบ่งโซนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 42
4.2 การแบ่งโซนระบบปรับอากาศ 49
4.3 องค์ประกอบของกำแพง 50
4.4 ตำแหน่งการวางจุดเสียบสายอินเตอร์เน็ต 60
4.5 ลักษณะของระบบเครือข่าย 61
4.6 รัศมีของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนห้องสำนักงาน 62
4.7 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับหลังการปรับปรุง 62
4.8 รัศมีการตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนของอาคารฝั่งขวา 63
4.9 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับหลังการปรับปรุงของอาคารฝั่งขวา 63
4.10 แบบแปลนหลังคา 64
4.11 หลังคา A หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า 65
4.12 หลังคา B หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า 66
4.13 หลังคา C หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า 66

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.14 หลังคา D หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า 67
4.15 ตำแหน่งจุดเชื่อต่อของตัวนำลงดินระหว่างหลังคากับดิน 68
4.16 แบบแปลนระบบเต้ารับและเครือข่าย 70
4.17 แบบแปลนระบบปรับอากาศ 71
4.18 แบบแปลนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ 72

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

เนื่องด้วยมหาวิทยาลัยนเรศวรมีสำนักหอสมุดที่มีพื้นที่ให้บริการจำนวนจำกัด ไม่เพียงพอต่อจำนวนนิสิตนักศึกษาที่เข้าใช้บริการ ทางอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร จึงมีโครงการที่จะขยายพื้นที่ให้บริการขึ้นและเนื่องจากปัจจุบันชั้น 1 ในส่วนของพื้นที่ให้บริการ 24 ชั่วโมง ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรสามารถรับจำนวนนิสิตได้จำนวนจำกัด และเพื่อแก้ไขปัญหานี้จึงได้มีการต่อเติมบริเวณชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรขึ้น เพื่อย้ายส่วนของสำนักงานในชั้นต่างๆ ไปรวมไว้ที่ชั้น 4 ทำให้บริเวณ พื้นที่บริการ 24 ชั่วโมงของชั้น 1 สามารถรับนิสิตเพิ่มมากขึ้นได้ โครงงานนี้จึงจัดทำเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าให้มีประสิทธิภาพ และเหมาะกับผู้ใช้งานในแต่ละพื้นที่ได้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบแปลนระบบไฟฟ้าส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรพร้อมเปรียบเทียบการออกแบบระบบไฟฟ้านี้กับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนภายใต้งบประมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

ในการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร โดยใช้เกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551) ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

1.4 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

1.4.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งาน

1.4.2 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า

1.4.3 ตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าชั้น4อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.4 เปรียบเทียบการออกแบบแปลนระบบไฟฟ้ากับเกณฑ์มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2545 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551)

1.4.5 จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรให้ตรงตามเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพและเหมาะสมกับการใช้งาน

1.4.6 วิเคราะห์ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.7 จัดทำรายงานการประเมินราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้าทั้งหมดในส่วนต่อเติมชั้น4อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.8 จัดทำรายงานผลการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น4อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร

1.4.9 จัดทำการตรวจสอบคุณภาพรายงานโดยผู้เชี่ยวชาญ

1.4.10 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

รายละเอียด	พ.ศ.2557		พ.ศ.2558						
	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
1. รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งาน	←→								
2. ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า	←	→							
3.ตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า		←	→						
4. เปรียบเทียบการออกแบบแปลนระบบไฟฟ้ากับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ			←	→					
5. จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนระบบไฟฟ้า				←	→				
6. วิเคราะห์ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้า					←	→			
7. จัดทำรายงานการประเมินราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้าทั้งหมด						←	→		
8. จัดทำรายงานผลการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า						←	→		
9. จัดทำการตรวจสอบคุณภาพรายงานโดยผู้เชี่ยวชาญ								←	→
10. จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์									← →

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.นิสิตสามารถเสนอแนะแนวทางการตรวจสอบระบบไฟฟ้าและปรับปรุงให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพได้อย่างสมเหตุสมผล

2.นิสิตสามารถนำองค์ความรู้ที่ได้จากการตรวจสอบระบบไฟฟ้าไปใช้ในการประกอบวิชาชีพได้ในอนาคต

1.7 งบประมาณ

1) ค่าทำสำเนาเอกสารมาตรฐานระบบไฟฟ้าและแบบแปลนหอสมุด	1,000 บาท
2) ค่าจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์	800 บาท
3) ค่าอุปกรณ์ในการทำโครงงาน	600 บาท
4) ค่าอื่นๆ	600 บาท
รวมเป็นเงินทั้งสิ้น (สามพันบาทถ้วน)	3,000 บาท

หมายเหตุ: ถัวเฉลี่ยทุกรายการ

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของแบบแปลนระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรพร้อมเปรียบเทียบการออกแบบระบบไฟฟ้านี้กับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนภายใต้งบประมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ จึงจำเป็นต้องมีความรู้ความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีการออกแบบระบบไฟฟ้า ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ระบบแสงสว่าง

ระบบแสงสว่างเป็นระบบที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร มีความจำเป็นที่จะต้องใช้แสงสว่างในการทำกิจกรรมต่างๆ เนื่องจากเป็นส่วนของห้องสำนักงาน รวมไปถึงห้องเลขานุการ ห้องเก็บของ และห้องรับประทานอาหาร ในการออกแบบระบบแสงสว่างจึงต้องคำนึงถึงความเพียงพอของแสงสว่าง ควรออกแบบเพื่อให้ได้ความสว่างเพียงพอต่อความต้องการตามมาตรฐานที่กำหนดแต่ละพื้นที่ใช้งาน สำหรับการออกแบบระบบแสงสว่างในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดจึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบเพื่อความถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ โดยค่าความสว่างของพื้นที่ทำงานสามารถดูได้จากตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ความส่องสว่างสำหรับพื้นที่และการทำงานต่างๆกัน [8]

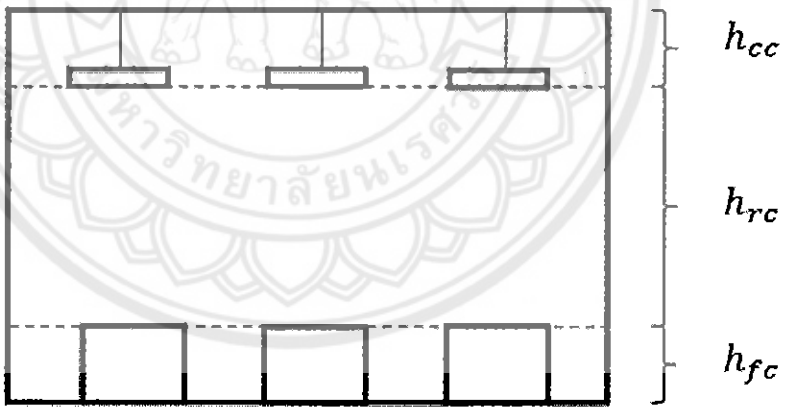
ประเภทของพื้นที่และกิจกรรม	ความสว่าง (ลักซ์)
พื้นที่เก็บเอกสาร ถ่ายเอกสาร และพื้นที่ทั่วไปที่มีการสัญจร	300
พื้นที่ที่มีการเขียน พิมพ์ อ่าน ใช้คอมพิวเตอร์ และ Data processing	500
พื้นที่ทำงานด้านCAD	500
พื้นที่ใช้สอยสำหรับเขียนแบบ	750
ห้องประชุม	300
ทางเดิน	100
ห้องอาหาร	200
ห้องเก็บของ	50

การออกแบบเพื่อให้ได้ความสว่างเพียงพอต่อความต้องการตามมาตรฐานที่กำหนดมี 2 วิธี วิธีแรกคือการออกแบบโดยใช้วิธีการแบ่งสัดส่วนของโพรง (Zonal cavity method) อีกวิธีคือการออกแบบโดยใช้ค่าดัชนีห้อง (Room index method) ในการตรวจสอบระบบแสงสว่างในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดนี้ จะเลือกใช้การออกแบบโดยใช้วิธีการแบ่งสัดส่วนของโพรง [1] วิธีเดียวเท่านั้น หลักการออกแบบโดยวิธีการแบ่งสัดส่วนของโพรงเริ่มจากการแบ่งห้องใดๆ ที่ต้องการจะออกแบบออกเป็น 3 ส่วนของโพรง (Cavity zone) แสดงดังรูปที่ 2.1

ส่วนที่ 1 เรียกโพรงเพดาน (Ceiling cavity) หมายถึงบริเวณนับตั้งแต่เพดานลงมาจนถึงระดับดวงโคม (Luminaire plane) เรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของโพรงเพดาน (Ceiling cavity height) ใช้สัญลักษณ์ h_{cc}

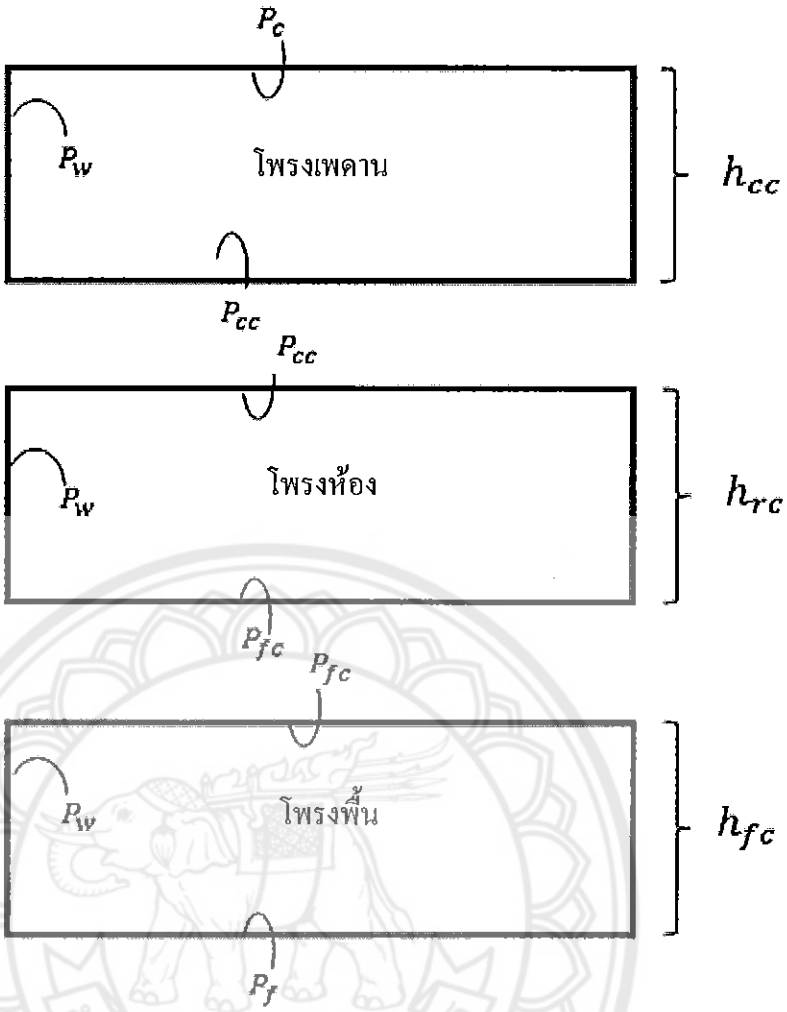
ส่วนที่ 2 เรียกโพรงห้อง (Room cavity) หมายถึงบริเวณนับจากระดับของดวงโคมลงมาจนถึงพื้นที่ทำงาน (Working plane) เรียกความสูงของระยะนี้ว่า ความสูงของโพรงห้อง (Room cavity height) และใช้สัญลักษณ์ h_{rc}

ส่วนที่3: เรียกโพรงพื้น (Floor cavity) หมายถึงบริเวณนับจากระดับพื้นที่ทำงาน ลงมาจนถึงระดับพื้นห้อง เรียกความสูงระยะนี้ว่า ความสูงโพรงพื้น (Floor cavity height) และใช้สัญลักษณ์ h_{fc}



รูปที่ 2.1 แสดงการแบ่งสัดส่วนของโพรงห้อง

หลังจากแบ่งสัดส่วนของโพรงห้องออกเป็น 3 ส่วนแล้ว ในแต่ละส่วนก็จะมีองค์ประกอบค่าตัวแปรแตกต่างกันไปแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงการแบ่งสัดส่วนของโพรง

โดยที่ ρ_c = ค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดานจริง

ρ_{cc} = ค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน

ρ_w = ค่าความสามรถในการสะท้อนแสงของผนัง

ρ_f = ค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของพื้นห้อง

ρ_{fc} = ค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงพื้น

2.1.1 ขั้นตอนการคำนวณโดยวิธีสัดส่วนโพรง (Zonal cavity method)

หลังจากแบ่งสัดส่วนของโพรงแล้ว ก็สามารถเริ่มขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

ขั้นที่ 1

คำนวณหาค่าอัตราส่วนโพรงเพดาน (ceiling cavity ratio : CCR) ซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{CCR} = \frac{5h_{cc}(L+W)}{L \times W} \tag{2.1}$$

โดยที่ h_{cc} คือ ความสูงของโพรงเพดาน (ceiling cavity height) (เมตรหรือฟุต)
ส่วน L และ W คือ ความยาวและความกว้างของห้อง (เมตรหรือฟุต) ตามลำดับและคำนวณค่าอัตราส่วนโพรงพื้น (floor cavity ratio : FCR) ซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{FCR} = \frac{5h_{fc}(L+W)}{L \times W} \tag{2.2}$$

โดยที่ h_{fc} คือ ความสูงของโพรงพื้น (floor cavity height) (เมตรหรือฟุต) และคำนวณหาค่าอัตราส่วนโพรงห้อง (room cavity ratio : RCR) ซึ่งมีนิยามว่า

$$\text{RCR} = \frac{5h_{rc}(L+W)}{L \times W} \tag{2.3}$$

โดยที่ h_{rc} คือ ความสูงของโพรงห้อง (room cavity height), (เมตรหรือฟุต)

ขั้นที่ 2 หาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรง (Effective cavity reflectance) โดยนำค่า CCR และ FCR ร่วมกับค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดาน (Ceiling reflectance: ρ_c) ของผนัง (Wall reflectance: ρ_w) และของพื้น (Floor reflectance: ρ_f) เพื่อเทียบหาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดาน (Effective ceiling reflectance: ρ_{cc}) และค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงพื้น (Effective floor reflectance: ρ_{fc}) ถ้าดวงโคมถูกฝังหรือแนบกับเพดานแล้ว $h_{cc} = 0$ ทำให้ CCR = 0 ดังนั้น $\rho_{cc} = \rho_c$ และถ้าพื้นที่ทำงานคือพื้นห้อง $h_{fc} = 0$ ทำให้ FCR = 0 ดังนั้น $\rho_{fc} = \rho_f$ เนื่องจากการคำนวณหาค่าใช้งานจริงๆ ของค่าความสามารถในการสะท้อนแสงของเพดานของผนังและของพื้นนั้นทำได้ยาก ดังนั้นในทางปฏิบัติอาจกำหนดใช้ค่าเฉลี่ยของปริมาณดังกล่าว โดยมีค่าดังนี้

$$\rho_c = 80\%, \rho_w = 50\%, \rho_f = 30\%$$

ขั้นที่ 3 หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง (Coefficient of utilization: CU) คือ อัตราส่วนระหว่างค่าลูเมนที่ตกถึงพื้นที่ทำงานต่อลูเมนที่ออกจากหลอดไฟโดยตรง โดยทั่วไปบริษัทผู้ผลิตดวงโคมจะมีตารางสำเร็จรูปของค่า CU ของดวงโคมแต่ละ ชนิด ซึ่งทำให้เราสามารถใช้ค่า ρ_{cc} , ρ_{w} และ RCR เทียบหาค่า CU ได้

ขั้นที่ 4 การปรับค่า CU เนื่องจากตารางแสดงค่า CU ของดวงโคมแต่ละชนิดถูกจัดทำขึ้นที่ค่า ρ_{fc} ต่างๆกันเฉพาะโดยทั่วไปค่า CU ในตารางมักถูกแสดงที่ค่า ρ_{fc} = 20% ดังนั้นถ้าค่า $\rho_{fc} \neq 20\%$ จะต้องมีการแก้ไขค่า CU ให้ถูกต้องด้วย "ตัวคูณปรับค่า"

ขั้นที่ 5 หาจำนวนดวงโคมที่จะใช้ให้แสงสว่างอย่างสม่ำเสมอในพื้นที่หนึ่งๆ สามารถคำนวณได้ จากสมการ 2.4

$$N = \frac{E \times A}{n \times \emptyset_L \times CU \times LLF} \tag{2.4}$$

โดยที่ N คือ จำนวนดวงโคมที่จะใช้, E คือ ความสว่างที่ต้องการ, A คือ พื้นที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (ตารางเมตร), n คือ จำนวนหลอดไฟใน 1 ดวงโคม, $\emptyset_L$ คือ ฟลักซ์ส่องสว่างเริ่มต้นของหลอดไฟ 1 หลอด (ลูเมนต์), CU คือ สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง, LLF คือ ตัวประกอบการสูญเสียแสง (Light loss factor) ซึ่งขึ้นกับแรงดันไฟฟ้า อุณหภูมิแวดล้อม บัลลาสต์ที่ใช้ วัสดุที่ใช้ทำโคม ความสกปรกของห้อง ความสกปรกของดวงโคม หลอดเสื่อมสภาพหรือหลอดขาดแล้วยังไม่เปลี่ยนใหม่

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดความสูงเหนือพื้นของระดับพื้นที่ทำงาน สามารถใช้ค่าเฉลี่ย คือ 85 เซนติเมตร หรือ 0.85 เมตร ได้เพื่อการออกแบบ

2.1.1 การจัดวางตำแหน่งดวงโคม

หลังจากทราบจำนวนดวงโคมที่จะใช้แล้ว การจัดวางตำแหน่งของดวงโคมจึงเป็นสิ่งที่จะต้องถูกพิจารณาตามมาเพื่อการวางตำแหน่งของดวงโคมที่เหมาะสม นั่นคือจะต้องพยายามจัดวางตำแหน่งของดวงโคมให้อยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกัน ดูเป็นระเบียบเรียบร้อย และได้ระดับความสว่างสม่ำเสมอ คือไม่สว่างมากเกินไปในที่หนึ่งหรือเกิดเงามืดในอีกบริเวณหนึ่ง โดยมีแนวทางการพิจารณาง่ายๆ ดังสมการที่ 2.5

$$S = \sqrt{\frac{A}{N}} \tag{2.5}$$

โดยที่ S คือ ระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละดวง (เมตรหรือฟุต), A คือ พื้นที่ติดตั้งไฟฟ้าแสงสว่าง (ตารางเมตรหรือตารางฟุต), N คือ จำนวนดวงโคมทั้งหมด

เมื่อคำนวณได้ระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละดวงแล้ว ก็นำด้านกว้างและด้านยาวของห้องหารด้วยระยะห่างระหว่างดวงโคมก็จะได้จำนวนดวงโคมที่ต้องการในแต่ละด้านความยาวของห้อง

<u>ตัวอย่างแสดงการคำนวณ</u>

โคมไฟที่ใช้ในอาคารสำนักงานใช้ดวงโคมชนิดฝังฝ้าดังตาราง B โดยกำหนดให้ ρ_c= 80%, ρ_w= 50%, ρ_f= 30% ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์ ชนิด T8 มีค่าลูเมน 2,700 ลูเมนต่อหลอด [7] LLF = 0.6 ความสูงของพื้นที่ทำงาน 0.85 เมตร ห้องอาหารพื้นที่ขนาด 3.15×8.2×2.9 เมตร ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน 200 ลักซ์

<u>ขั้นที่ 1</u> คำนวณหาค่าอัตราส่วนโพรง (Cavity ratio) CCR, RCR และ FCR

โดยที่ h_{cc}= 0 m h_{rc}= 2.9 - 0.85= 2.05 m h_{fc}=0.85

จากสมการที่ (2.1) แทนค่าได้

$$CCR = \frac{0\times(3.15+8.2)}{3.15\times8.2}$$

ดังนั้น CCR = 0

จากสมการที่ (2.3) แทนค่าได้

$$RCR = \frac{2.05\times(3.15+8.2)}{3.15\times8.2}$$

ดังนั้น RCR = 0.9008

จากสมการที่ (2.2) $FCR = \frac{0.85\times(3.15+8.2)}{3.15\times8.2}$

ดังนั้น FCR = 0.3735

<u>ขั้นที่ 2</u> หาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรง

กำหนดให้ ρ_f = 30%, ρ_w = 50%; FCR = 0.3735

เมื่อใช้ข้อมูลที่มีอยู่กับตาราง A ทำให้ได้ค่าของ ρ_{fc} = 29%

ขั้นที่ 3 หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง (Coefficient of utilization : CU)

กำหนดให้ CCR = 0, RCR = 0.9008, ρ_w =50%

จาก CCR = 0 ดังนั้น $\rho_{cc} = \rho_c$ = 80%

เมื่อใช้ค่า ρ_{cc} = 80%, ρ_w =50%, RCR=0.9008 กับตาราง B จากภาคผนวก ก. จะได้

ที่ RCR = 0 มีค่า CU = 0.83

ที่ RCR = 1 มีค่า CU = 0.75

จากค่า RCR = 0.9008

เทียบสัมประสิทธิ์เพื่อหาค่า CU จะได้

$$\frac{0-1}{0-0.9008} = \frac{0.83-0.75}{0.83-CU}$$

$$0.83 - CU = \frac{(0.83-0.75)(0-0.9008)}{(0-1)}$$

$$CU = 0.83 - \frac{(0.83-0.75)(0-0.9008)}{(0-1)}$$

ได้ค่า CU = 0.7579

ขั้นที่ 4 เนื่องจาก ρ_{fc} มีค่าเข้าใกล้ 30% จึงต้องใช้ "ตัวคูณปรับค่า" เพื่อแก้ไขปรับค่า CU ให้ถูกต้อง กำหนดให้ ρ_{cc} = 80%, ρ_w =50%, RCR=0.9008

นำค่าเปิดตาราง C ทำให้ได้ตัวคูณปรับค่ามีค่าเท่ากับ 1.028

ดังนั้นค่า CU ที่แท้จริงจะหาได้จากค่า CU เดิมคูณกับตัวแปรปรับค่า

$$CU = 0.7579 \times 1.028$$

ดังนั้น $CU = 0.7791$

ขั้นที่ 5 หาจำนวนโคมไฟใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ 2หลอด

จากสมการที่ (2.4) แทนค่าได้

$$N = \frac{200 \times 3.15 \times 8.2}{2 \times 2{,}700 \times 0.7791 \times 0.6}$$

ดังนั้น $N = 2.05 \approx 3$ ดวงโคม

ขั้นที่ 6 การจัดตำแหน่งดวงโคมโดยหาระยะห่างระหว่างดวงโคมแต่ละดวง

จากสมการที่ (2.5) แทนค่าได้

$$S = \sqrt{\frac{3.15 \times 8.2}{3}}$$

ดังนั้น $S = 2.93$

ทำการหาจำนวนแถวของดวงโคม

$$N_{col} = \frac{3.15}{2.93} = 1.08 \approx 1 \text{ แถว}$$

ทำการหาจำนวนดวงโคมในแต่ละแถวจะได้

$$N_{row} = \frac{8.2}{2.93} = 2.80 \approx 3 \text{ ดวงโคมต่อแถว}$$

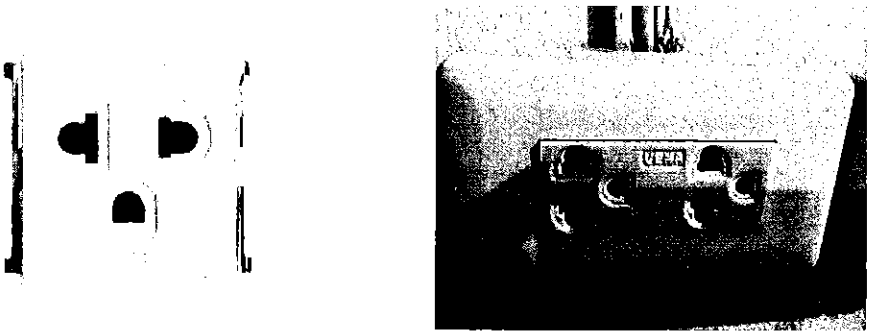
ดังนั้น ใช้ดวงโคมทั้งหมด 3 ดวงโคม

โดยที่ N_{col} คือจำนวนแถวของดวงโคมที่หาได้จากความยาวของพื้นที่ส่วนด้วย S, N_{row} คือจำนวนแถวของดวงโคมที่หาได้จากความกว้างของพื้นที่ส่วนด้วย S

2.2 ระบบเต้ารับ

เต้ารับคืออุปกรณ์ทางไฟฟ้าประเภทหนึ่งที่จำเป็นต้องทำการติดตั้งไว้ภายในอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ระบบเต้ารับเป็นระบบที่มีความสำคัญหากทำการออกแบบไม่ถูกต้องตามมาตรฐานก็จะเกิดอันตรายถึงชีวิตผู้ใช้งานรวมถึงบุคคลใกล้เคียง หากเลือกใช้เต้ารับที่ไม่ได้มาตรฐานหรือตำแหน่งที่ติดตั้งไม่ถูกต้องย่อมทำให้มีความเสี่ยงในการเกิดอันตราย ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบเพื่อความถูกต้องและเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน เต้ารับที่ใช้ต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.166-2549 และ มอก.2162-2547 [2] และข้อกำหนดในการออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับเต้ารับต้องเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า พ.ศ.2545 (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 พ.ศ. 2551)

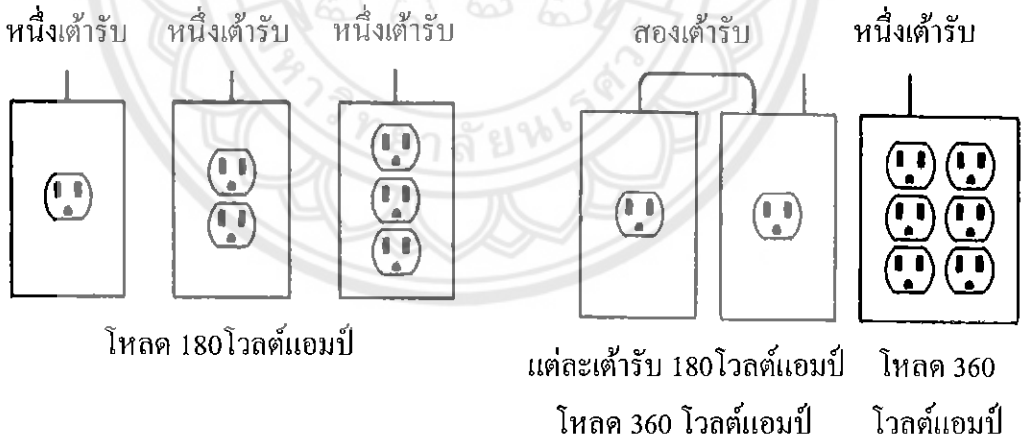
เต้ารับที่ติดตั้งในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดนั้นเลือกใช้ตามมาตรฐาน มอก. 166-2549 เป็นเต้ารับชนิดกลม-แบนที่มี 3 รู มีสายดิน ซึ่งในที่นี้เลือกใช้เป็นชนิดเต้าคู่ และอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นำมาเสียบกับเต้ารับต้องกินกระแสไฟฟ้าไม่เกินขนาดพิกัดกระแสฯของเต้ารับต่อหนึ่งวงจร (ไม่เกิน 16 แอมแปร์หรือประมาณ 2,600 วัตต์) ซึ่งโหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไปให้คำนวณโหลดจุดละ 180 โวลต์แอมแปร์ ทั้งชนิดเต้าเดี่ยว เต้าคู่ ดังรูปที่ 2.3



เต้ารับเดี่ยว เต้ารับคู่

รูปที่ 2.3 เต้ารับเดี่ยวและเต้ารับคู่ ตามมาตรฐาน มอก. 166-2549

ในการคำนวณหาขนาดสายไฟ ขนาดท่อ และอุปกรณ์ตัดตอนเพื่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสามารถคำนวณได้จากหัวข้อ 2.7 การคำนวณโหลด ซึ่งลักษณะของเต้ารับสามารถแสดงดังรูปที่ 2.4 โดยรูปด้านซ้ายแสดงลักษณะโหลดของเต้ารับที่มีโหลด 180 โวลต์แอมป์ในลักษณะที่ต่างกัน ส่วนรูปด้านขวาแสดงลักษณะของโหลดเต้ารับที่มีโหลด 360 โวลต์แอมป์ซึ่งสามารถแยกเป็นได้ทั้งหนึ่งเต้ารับสองหรือเต้ารับได้ ซึ่งการกำหนดขนาดโหลดของเต้ารับขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ ในที่นี้ส่วนต่อเติมชั้น 4 กำหนดให้โหลดของเต้ารับมีขนาด 180 โวลต์แอมป์ต่อหนึ่งจุด



รูปที่ 2.4 การกำหนดขนาดโหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป [22]

2.3 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่มีความจำเป็นที่จะต้องทำการติดตั้งในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร เพราะส่วนใหญ่เป็นห้องสำนักงาน มีการใช้สอยพื้นที่ในเวลาราชการ ราวๆ 8-10 ชั่วโมงต่อวัน จึงจำเป็นจะต้องทำความเย็นเพื่อให้บุคลากรในที่นั้นๆ ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ความสำคัญในการเลือกขนาดตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับสถานที่ใช้งาน เพื่อให้ได้ระบบปรับอากาศที่มีประสิทธิภาพจึงจำเป็นต้องได้รับการตรวจสอบให้เป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ โดยใช้วิธีอุณหภูมิแตกต่าง (Cooling Load Temperature Difference: CLTD) ซึ่งเป็นการคำนวณอย่างละเอียด ในการตรวจสอบระบบปรับอากาศสำหรับโครงงานนี้เป็นวิธีการคำนวณภาระการทำความเย็น โดยกำหนดผลต่างอุณหภูมิภาระการทำความเย็น และ การคำนวณภาระการทำความเย็นโดยมีหลักการคือการรวมผลของการคำนวณในผนัง หรือหลังคาให้อยู่ในรูปอุณหภูมิแตกต่างที่เรียกว่า ซีแอลทีดี (Cooling Load Temperature Difference : CLTD) ซีแอลทีดีเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่ายและไม่ซับซ้อน และให้ผลลัพธ์ที่ แม่นยำ โดยเป็นการคำนวณภาระความร้อนจากแหล่งพลังงานต่างๆดังนี้ 1.ภาระความเย็นเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน (Transmission Heat Load) 2.ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat) 3.ความร้อนแฝง(Latent Heat) 4.ภาระความร้อนเนื่องจากการถ่ายเทอากาศ (Ventilation Heat Gain) โดยแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 ภาระความร้อนเนื่องจากการส่งผ่านความร้อน (Transmission Heat Load)

ความร้อนจะเคลื่อนจากจุดหนึ่งได้นั้นก็ต่อเมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างจุดทั้งสอง ทำให้เคลื่อนจากจุดที่มีอุณหภูมิสูงกว่าไปยังจุดที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า และเป็นค่าความร้อนที่เกิดขึ้นจากแหล่งภายนอกอาคารสู่ด้านในอาคาร ประกอบด้วยความร้อนจากแหล่งต่อไปนี้

2.3.1.1 ผนัง (Wall)

ภาระความร้อนที่ผ่านเข้ามาภายในอาคารมีที่มาจากหลายแหล่งหนึ่งในนั้นคือภาระความร้อนที่ผ่านเข้ามาทางผนังจากภายนอกอาคารซึ่งหาได้จาก

$$Q_w = U_w \times A \times TD \qquad (2.6)$$

โดยที่ Q_w คือค่าภาระความร้อนผ่านผนัง มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง U_c คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของผนัง มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง-ตารางฟุต องศาฟาเรนไฮต์

A คือพื้นที่ของผนังมีหน่วยเป็นตารางฟุต TD คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิภายในและภายนอกผนัง มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์

2.3.1.2 เพดาน (Ceiling)

ภาระความร้อนนอกจากผ่านผนังเข้ามาแล้วยังสามารถผ่านเข้ามาทางเพดานได้อีกด้วยซึ่งเป็นภาระความร้อนที่ค่อนข้างมากเนื่องจากพื้นที่ของเพดานแต่ละห้องมีขนาดค่อนข้างกว้าง ซึ่งภาระความร้อนผ่านทางเพดานหาได้จาก

$$Q_C = U_C \times A \times TD \qquad (2.7)$$

โดยที่ Q_C คือค่าภาระความร้อนที่ผ่านเพดาน มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง U_C คือค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนของเพดาน มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง-ตารางฟุต องศาฟาเรนไฮต์ A คือพื้นที่ของเพดาน มีหน่วยเป็นตารางฟุต TD คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมิเหนือเพดานและภายในห้อง มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์

2.3.2 ความร้อนสัมผัส (Sensible Heat)

เป็นความร้อนที่ไหลเข้ามาหรือผลิตขึ้นภายในอาคารแล้วทำให้อุณหภูมิของอากาศสูงขึ้น ประกอบด้วยความร้อนจากแหล่งต่อไปนี้

2.3.2.2 ภาระจากแสงไฟฟ้า (Lighting Load)

หลอดไฟฟ้าทุกชนิดเมื่อเวลาเปิดใช้งานจะให้ค่าเกิดขึ้นแก่บริเวณรอบหลอด ดังนั้น ค่าความร้อนจากหลอดไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากที่จะต้องนำมาคิดด้วย ซึ่งหาได้จาก

$$Q_L = \text{Watt} \times \text{Const} \qquad (2.8)$$

โดยที่ Q_L คือค่าภาระความร้อนจากแสงไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง Watt คือจำนวนวัตต์ของหลอดไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ Const คือค่าคงที่ มีค่าเป็น 3.41 ถ้าเป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Flourescent) หรือ มีค่าเป็น 4.2625 ถ้าเป็นหลอดไส้ (Incandescent)

2.3.2.3 ภาระจากอุปกรณ์ไฟฟ้า (Appliance Load)

โดยในขณะใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าจะเกิดความร้อนขึ้นบริเวณรอบๆ อุปกรณ์ที่ใช้งาน ถึงแม้อุปกรณ์ไฟฟ้าบางชนิดจะมีพัดลมระบายอากาศร้อนแล้วก็ตามแต่ก็ช่วยได้เพียงทำให้ค่าความร้อนลดลงไปบ้างเท่านั้น ซึ่งหาได้จาก

$$Q_A = \text{Watt} \times \text{Const} \quad (2.9)$$

โดยที่ Q_A คือค่าภาระความร้อนจากอุปกรณ์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง Watt คือจำนวนวัตต์ของอุปกรณ์ไฟฟ้า มีหน่วยเป็นวัตต์ Const คือค่าคงที่ 3.41

2.3.3 ความร้อนแฝง (Latent Heat)

เป็นความร้อนที่เข้ามาในรูปของความชื้น ทำให้ความชื้นภายในห้องสูงขึ้น โดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลงประกอบด้วยความร้อนจากบุคคล หาได้จาก

$$Q_{La} = (\text{number of people}) \times (\text{LHGF}) \quad (2.10)$$

โดยที่ Q_{La} คือค่าภาระความร้อนจากบุคคล มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง LHGF คือตัวประกอบความร้อนแฝง (Latent Heat Gain Factor) สำหรับบุคคลที่กระทำกิจกรรมต่างๆ

2.3.4 ภาระความร้อนเนื่องจากการถ่ายเทอากาศ (Ventilation Heat Gain)

อาคารสำนักงานมักจะมีอากาศไม่บริสุทธิ์เท่าที่ควร เช่น มีควันบุหรี่หรืออาจจะมีกลิ่นเหงื่อของคน เป็นต้น จึงจำเป็นต้องมีการนำอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้ามาระบาย และดูดอากาศภายในออกเพื่อทำให้อากาศในบริเวณปรับอากาศสดชื่นและบริสุทธิ์ขึ้น จะพบว่าอากาศภายนอกที่นำเข้ามานั้นจะมีอุณหภูมิ และความชื้นสูงกว่าอากาศภายในบริเวณปรับอากาศ ดังนั้น เมื่อมีการนำอากาศเข้ามา ก็จะเป็นการเพิ่มค่าความร้อนให้แก่บริเวณปรับสภาวะอากาศโดยตรง การนำเอาอากาศบริสุทธิ์จากภายนอกเข้าภายในบริเวณปรับอากาศ โดยอาจจะเข้ามาผสมกับอากาศภายในบริเวณปรับสภาวะอากาศเกิน หรือนำเข้ามาโดยผสมกับลมเย็นกลับเข้าเครื่องส่งลมเย็น ค่าความร้อนจากการถ่ายเทความร้อนประกอบด้วย

2.3.4.1 อัตราถ่ายเทอากาศ (CFM Ventilation)

เราสามารถพิจารณาอัตราการถ่ายเทอากาศได้จากจำนวนบุคลากรที่มีอยู่ในห้อง หรือจากปริมาณอากาศที่ใช้หมุนเวียนต่อหนึ่งชั่วโมง ซึ่งก็คือปริมาณลมที่เคลื่อนที่ผ่าน (CFM) ค่าไหนมากใช้ค่านั้นในการคำนวณ

2.3.4.1.1 พิจารณาจากจำนวนบุคลากร หาได้จาก

$$CFM = (\text{number of people}) \times (\text{CFM/person}) \quad (2.11)$$

โดยที่ CFM คือปริมาณลมที่เคลื่อนที่ผ่าน number of people คือจำนวนบุคคลที่อยู่ภายในห้อง CFM/person คือค่าปริมาณลมที่เคลื่อนที่ผ่านต่อหนึ่งคน

2.3.4.1.2 พิจารณาจากจำนวนปริมาณอากาศที่ใช้หมุนเวียนในชั่วโมง หาได้จาก

$$CFM = \text{ปริมาตรของห้อง} \times \text{ปริมาณอากาศที่ใช้หมุนเวียนต่อชั่วโมง} \quad (2.12)$$

โดยที่ CFM คือปริมาณลมที่เคลื่อนที่ผ่าน

2.3.4.2 ภาระความร้อนสัมผัสจากปริมาณอากาศที่ถ่ายเท

หลังจากคำนวณหาค่า CFM แล้วจากนั้นต้องทำการคำนวณหาค่าภาระความร้อนสัมผัสที่เข้ามายังในห้อง ซึ่งหาได้จาก

$$Q = CFM \times TD \times 1.08 \quad (2.13)$$

โดยที่ Q คือภาระความร้อนสัมผัสจากอากาศที่ถ่ายเท มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง TD คือความแตกต่างระหว่างอุณหภูมินอกห้องกับอุณหภูมิภายในห้อง มีหน่วยเป็นองศาฟาเรนไฮต์ 1.08 คือค่าคงที่การเปลี่ยนหน่วย เป็นหน่วยอังกฤษ

2.3.4.3 ภาระความร้อนแฝงจากอัตราการถ่ายเทอากาศ

เมื่อมีการถ่ายเทอากาศเกิดขึ้นภายในห้องซึ่งอาจเกิดจากการเดินเข้าออกทางประตูหรือจากอากาศรั่วก็จะมีความร้อนแฝงเกิดขึ้น ซึ่งหาได้จาก

$$Q = CFM \times \text{moisture diff} \times 0.68 \quad (2.14)$$

โดยที่ Q คือภาระความร้อนแฝงจากอากาศที่ถ่ายเทมีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง moisture diff คือผลต่างระหว่างไอน้ำในอากาศภายนอกและภายในห้อง มีหน่วยเป็นกรัมต่อปอนด์ 0.68 คือค่าคงที่การเปลี่ยนหน่วย เป็นหน่วยอังกฤษ

หลังจากคำนวณขนาดบีทียูของเครื่องปรับอากาศแล้ว เราจะนำขนาดเครื่องปรับอากาศมาเพื่อใช้คำนวณขนาดโหลดของเครื่องปรับอากาศเพื่อคำนวณหาขนาดสาย ขนาดท่อ และอุปกรณ์ป้องกันต่อไป ซึ่งหาได้จาก

$$VA = \frac{BTU}{12,000} \times 1,500 \tag{2.15}$$

โดยที่ VA คือขนาดเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นโวลต์แอมป์ BTU คือขนาดภาระการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ มีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง จากสมการคำนวณจากเครื่องปรับอากาศขนาด 1 ตัน โดยที่ 12,000 บีทียู มีขนาดโหลดเท่ากับ 1,500 โวลต์แอมป์

2.4 ระบบเครือข่าย

ระบบเครือข่ายของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร เป็นระบบที่มีความสำคัญ เนื่องจากพื้นที่ใช้สอยส่วนใหญ่เป็นห้องสำนักงาน จะต้องมีการติดต่อ สื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์ด้วยกัน เพื่อบันทึกข้อมูลต่างๆ ลงฐานข้อมูล หรือใช้สำหรับการทำงานร่วมกันของบุคลากร ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์จึงจำเป็นที่จะต้องได้รับการออกแบบให้เหมาะสม ในการออกแบบระบบเครือข่ายสำหรับส่วนต่อเติมชั้น 4 สำนักงานอาคารหอสมุดนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำงานอย่างเป็นระบบ เพื่อให้ได้มาซึ่งการใช้งานที่มีประสิทธิภาพ และตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างครบถ้วน หลักการในการออกแบบระบบเครือข่ายประกอบไปด้วย 5 ขั้นตอน [11] ดังต่อไปนี้

1) ความต้องการของผู้ใช้ ถือได้ว่าเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดในการออกแบบระบบ เพราะจะเป็นสิ่งที่กำหนดแนวทางการออกแบบและพัฒนา รวมไปถึงการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ และรูปแบบการเชื่อมต่อต่างๆ เช่น วิเคราะห์จากแผนกลยุทธ์ขององค์กร วิเคราะห์จากแผนงานด้านสารสนเทศ หรือแม้กระทั่งออกแบบสอบถามเพื่อสำรวจความคิดเห็นจากผู้ใช้เป็นต้น

2) ความต้องการระบบ เมื่อได้ความต้องการของผู้ใช้แล้ว ก็นำข้อมูลนั้นมาประมวลผลให้เป็นข้อมูลทางเทคนิค โดยสามารถวิเคราะห์ความต้องการดังกล่าวเทียบกับ OSI Model 7 Layers เช่น ใน ชั้นกายภาพ (Physical Layer) ก็จะเป็นส่วนที่กำหนดความต้องการด้านประเภทและชนิดของสายสัญญาณตามมาตรฐานต่างๆ และในชั้นเน็ตเวิร์ค (Network Layer) ก็จะเป็นส่วนที่กำหนดรูปแบบการเชื่อมต่อ และวิธีการส่งผ่านข้อมูลในระบบเครือข่ายเป็นต้น

3) การสำรวจสภาพของเทคโนโลยีในปัจจุบัน การศึกษาข้อมูลของเทคโนโลยีในปัจจุบันนั้น เช่น การค้นหาข้อมูลจากเอกสารทางวิชาการ ข้อมูลจากนิตยสารทางด้านคอมพิวเตอร์ การค้นหา

ข้อมูลจากอินเตอร์เน็ต หรือการติดต่อสอบถามจากผู้จำหน่ายอุปกรณ์เพื่อสอบถามถึงข้อมูลเทคโนโลยีล่าสุดของอุปกรณ์ชนิดต่างๆ

4) การพิจารณาเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย การเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย เพื่อให้เห็นถึงจุดเด่น จุดด้อยของระบบในแต่ละรูปแบบ และยังสามารถนำผลวิเคราะห์ที่ได้นำเสนอได้

5) การประเมินการออกแบบ จากข้อที่ 1 ถึง 3 ข้างต้น จะทำให้ได้แบบเบื้องต้น (Preliminary Design) ซึ่งแบบเบื้องต้นที่ได้นั้น จะถูกนำมาผ่านขั้นตอนการวิเคราะห์อย่างละเอียดในขั้นตอนการประเมินนี้ โดยจะวิเคราะห์ควบคู่กับข้อมูลที่ได้จากข้อ 4 และจะมีการปรับแก้ได้เป็นแบบขั้นสุดท้าย (Final Design) เพื่อใช้เป็นแนวทางหลักในการดำเนินการต่อไป

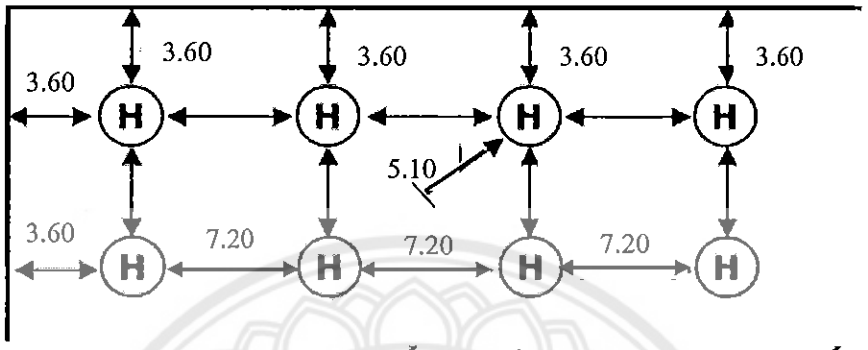
2.5 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เป็นระบบที่จะต้องทำหน้าที่แจ้งเตือนให้ผู้ที่อยู่ภายในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรนั้นทราบและทำให้สามารถดับเพลิงไหม้ในระยะลุกไหม้เริ่มต้นได้ทัน แต่ถ้าหากเพลิงไหม้ลุกลามอย่างรวดเร็วก็ต้องสามารถทำให้การอพยพผู้อาศัยออกจากอาคารได้ทันท่วงที ก่อนที่จะเป็นอันตรายต่อชีวิตและทรัพย์สิน อุปกรณ์หรือชิ้นส่วนในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่เลือกมาใช้งาน ต้องเป็นอุปกรณ์ที่ทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำและเชื่อถือได้ โดยการเลือกชนิดและตำแหน่งที่ตั้งอุปกรณ์ตรวจจับต้องปฏิบัติตามมาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ [4] โดยอุปกรณ์หลักของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์ตรวจจับควัน แสดงได้ต่อไปดังนี้

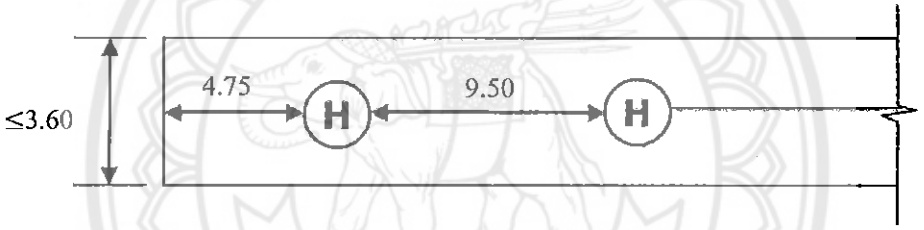
2.5.1 อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ใช้เป็นอุปกรณ์ป้องกันชีวิต มีไว้เพื่อป้องกันทรัพย์สินเท่านั้น และอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 4.00 เมตร ห้ามใช้ในพื้นที่หรือทางเดินร่วมหนีไฟ อุปกรณ์ตรวจจับแต่ละตัว ต้องติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคา โดยให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาไม่น้อยกว่า 15 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 100 มิลลิเมตร หากเป็นหลังคาที่มีแป อันอาจขวางทางการไหลของไอความร้อนไปยังอุปกรณ์ตรวจจับได้ อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับเข้ากับแป โดยให้ส่วนตรวจจับห่างจากหลังคาไม่เกิน 350 มิลลิเมตร อุปกรณ์ตรวจจับต้องติดตั้ง ณ จุดที่สูงที่สุดของเพดาน อย่างไรก็ตามหากเป็นเพดานที่ประกอบไปด้วยคานหรือรอด หรือหยักที่มีความลึกน้อยกว่า 300 มิลลิเมตร อาจติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับที่ใต้คานหรือรอดนั้นๆได้ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ติดตั้งใต้เพดานหรือหลังคาซึ่งได้รับความร้อนจากแสงแดดต้องติดตั้งให้ส่วนตรวจจับอยู่ห่างจากเพดานหรือหลังคาในแนวดิ่ง ไม่น้อยกว่า 180 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 350 มิลลิเมตร ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งของอุปกรณ์ตรวจจับสำหรับพื้นผิว

แนวราบยกเว้นช่องทางเดิน ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับบนเพดานให้มีระยะรัศมีจากจุดใดๆ บนเพดานถึงอุปกรณ์ตรวจจับตัวใกล้ที่สุดต้องไม่เกิน 5.1 เมตร แสดงดัง รูปที่ 2.5 (ก.) และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 7.2 เมตร สำหรับบริเวณช่องทางเดิน ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้มีระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับ ไม่เกิน 9.5 เมตร แสดงดัง รูปที่ 2.5 (ข.)



(ก.) แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับพื้นผิวแนวราบ



(ข.)แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน สำหรับช่องทางเดิน

รูปที่ 2.5 แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

หมายเหตุ มิติ เป็นเมตร

2.5.2 อุปกรณ์ตรวจจับควัน

ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันต้องติดตั้งในที่ซึ่งตรวจจับเพลิงไหม้ได้ง่าย อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดต้องติดตั้งในระดับคววามสูงไม่เกิน 10.50 เมตร สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 25.00 เมตร ถ้าฝ้าเพดานหรือหลังคามีความสูงเกิน 25.00 เมตร ให้ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงหลายระดับ

ระยะห่างและตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ

1. อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด อุปกรณ์ตรวจจับที่ติดตั้งที่ฝ้าเพดาน ต้องห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาลงมาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 600 มิลลิเมตร ในสถานที่มีการติดตั้งอุปกรณ์

ตรวจจับควันสูงมากกว่า 4.00 เมตร แต่ไม่เกิน 10.50 เมตร ระยะห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาให้ดูตารางที่ 2.2

2. อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง อุปกรณ์ตรวจจับต้องห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาไม่น้อยกว่า 300 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 750 มิลลิเมตร และอาจติดเพิ่มเติมที่ระดับต่ำกว่าก็ได้

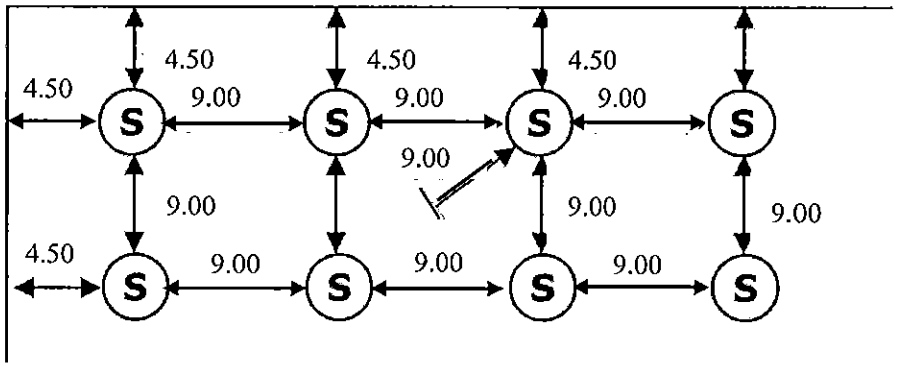
ตารางที่ 2.2 ตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน

ความสูงที่ติดตั้ง (เมตร)	ระยะห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาไม่น้อยกว่า (มิลลิเมตร)	
	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสง	อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุด
3.50	300	25
4.00	300	40
6.00	300	100
8.00	300	175
10.00	350	250
10.50	360	270
12.00	400	-
14.00	450	-
16.00	500	-
18.00	550	-
20.00	600	-
22.00	650	-
24.00	700	-
25.00	750	-

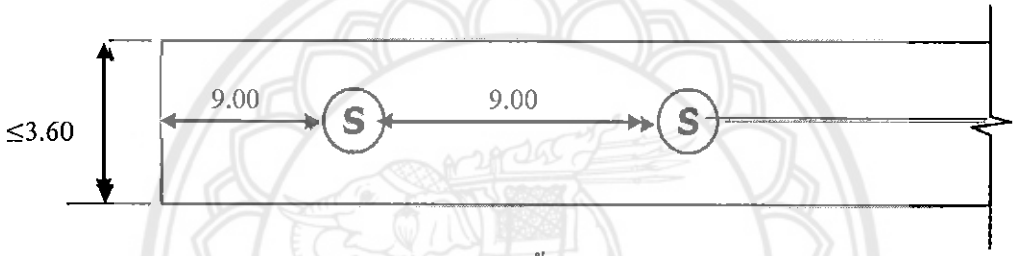
หมายเหตุ อากาศร้อนจากเพลิงไหม้จะถูกส่งขึ้นไปตามแนวดิ่งและจะหยุดลงเมื่ออุณหภูมิของควันเท่ากับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ดังนั้นในที่ซึ่งมีเพดานสูงจึงมีความจำเป็นในการส่งผ่านควันไปให้ถึงอุปกรณ์ตรวจจับ ด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควันในระดับที่ต่ำกว่าส่วนที่มีอากาศอุ่นที่บริเวณระดับหลังคาตามที่แสดงในตารางที่ 3

3. อุปกรณ์ตรวจจับ ต้องติดตั้งให้มีระยะรัศมีจากจุดใดๆ ใต้พื้นผิวแนวราบถึงอุปกรณ์ตรวจจับควันตัวที่ใกล้ที่สุดไม่เกิน 6.30 เมตร แสดงดังรูปที่ 2.6 (ก.) และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับต้องไม่เกิน 9.00 เมตร สำหรับบริเวณช่องทางเดินต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับให้มีระยะห่าง

ระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 12.00 เมตร แสดงรูปที่ 2.6 (ข.) สำหรับอุปกรณ์ตรวจจับชนิดลำแสงระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับแต่ละชุดต้องไม่เกิน 14.00 เมตร



(ก.) แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน สำหรับพื้นผิวแนวราบ



(ข.) แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับควัน สำหรับช่องทางเดิน

รูปที่ 2.6 แบบตัวอย่างระยะห่างในการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน

หมายเหตุ มิติ เป็นเมตร

2.6 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

การจะออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าให้สามารถป้องกันได้ครอบคลุมทั้งสิ่งปลูกสร้างจึงต้องออกแบบให้ถูกต้องตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง [6] ในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่านั้น เนื่องจากอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรมีระบบเดิมอยู่แล้วซึ่งออกแบบโดยวิศวกร เพียงแค่เพิ่มแท่งตัวนำจากระบบเดิมให้ครอบคลุมเท่านั้น เพราะฉะนั้นระบบนี้กลุ่มโครงงานจึงได้รับมอบหมายงานใหม่จากอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ออกแบบระบบฟ้าผ่าของอาคารอเนกประสงค์ที่จะทำการสร้างขึ้นใหม่ โครงสร้างของอาคารอเนกประสงค์ (NU PARK) นั้นมีลักษณะของหลังคาเป็นแบบลาดเอียงและเรียบเป็นส่วนใหญ่ จึงเลือกใช้การออกแบบระบบป้องกันแบบวิธีตาข่ายหรือกรงฟาราเดย์ การออกแบบระบบป้องกันแบบวิธีตาข่ายหรือกรงฟาราเดย์ เป็นการนำแท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันเป็นตาข่าย ล้อมรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นผลทำให้เกิดฉนวนไฟฟ้าสถิต โดยขนาดช่องตาข่ายของกรงควรมีขนาดเล็กกว่าหนึ่งในแปดของความยาวคลื่น

ของสัญญาณกระแสที่เกิดจากฟ้าผ่า จะทำให้การเปลี่ยนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกกรงไม่มีผลต่อสิ่งที่อยู่ในกรงตาข่าย การหาระยะจากแท่งตัวนำล่อฟ้าสามารถหาได้จากตารางที่ 12 และความสูงของตัวนำล่อฟ้าที่อยู่เหนือพื้นผิวที่จะป้องกันสามารถหาได้จากตารางที่ 13 การตรวจสอบระบบป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้าง สิ่งสำคัญสำหรับการป้องกันฟ้าผ่าภายนอกสิ่งปลูกสร้างประกอบไปด้วย 3 ส่วนสำคัญคือ ระบบตัวนำล่อฟ้า ระบบตัวนำลงดิน และระบบรากสายดิน แสดงได้ดังต่อไปนี้

2.6.1 ระบบตัวนำล่อฟ้า

ในกรณีที่เกิดฟ้าผ่าขึ้นตัวนำล่อฟ้าจะเป็นตำแหน่งที่เราต้องการให้ฟ้ามาผ่าลง ดังนั้นหัวล่อฟ้าจึงควรติดอยู่ในตำแหน่งที่สูงสุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เช่น อยู่เหนือจากจุดที่สูงที่สุดของอาคาร (เสาอากาศทีวี, เสาอากาศวิทยุ, แท็งก์น้ำ ฯลฯ) ตัวหัวล่อฟ้าควรทำด้วยโลหะที่มีคุณสมบัติการเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ทนต่อการหลอมละลาย เช่น แท่งทองแดง แท่งสแตนเลส แท่งทองแดงชุบดีบุก แท่งเหล็ก หรือวัสดุตัวนำอื่นๆ ซึ่งการพิจารณาวัสดุที่นำมาใช้ สามารถพิจารณาได้จากพื้นที่ที่ติดตั้ง เช่น กรณีอยู่ใกล้ทะเลควรใช้วัสดุที่สามารถทนการกัดกร่อนได้ดี หรือพิจารณาจากงบประมาณที่ตั้งไว้เป็นต้น การติดตั้งหัวล่อฟ้าจะต้องไม่มีส่วนหนึ่งส่วนใดของหัวล่อฟ้าเชื่อมต่อกับตัวอาคาร ทั้งนี้เพื่อลดผลกระทบจากฟ้าผ่า ที่อาจเกิดขึ้นกับตัวอาคารและระบบไฟฟ้าในอาคาร โดยมีการจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าดังต่อไปนี้

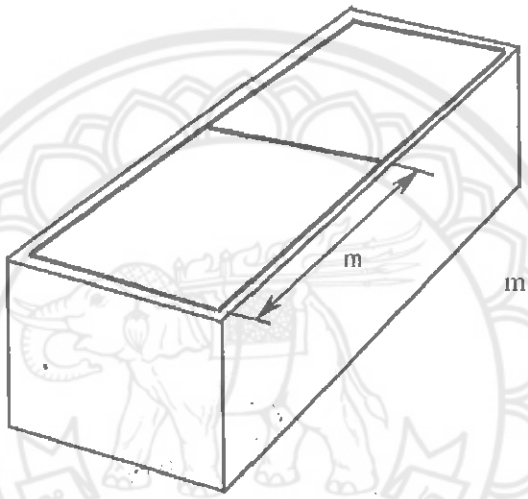
การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้า

การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าให้ปฏิบัติตามข้อกำหนดในตารางที่ 2.3 ในการออกแบบตัวนำล่อฟ้าสามารถใช้ได้ 3 วิธีอย่างอิสระหรืออาจใช้ร่วมกันได้ ประกอบไปด้วย วิธีมุมป้องกัน วิธีทรงกลมกลิ้ง และวิธีตาข่าย ซึ่งสำหรับโครงงานนี้จะใช้วิธีเดียวคือวิธีตาข่าย

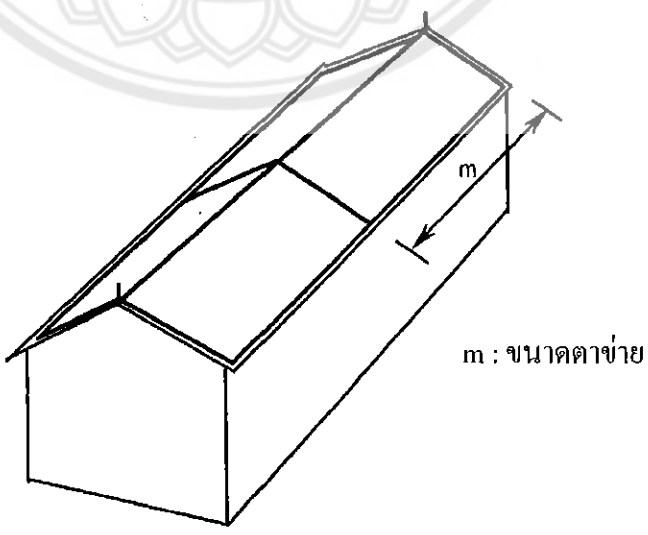
ตารางที่ 2.3 การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าตามระดับการป้องกัน

ระดับการป้องกันฟ้าผ่า	กระแสสูงสุด (kA)	ขนาดตาข่าย (เมตร)
1	2.9	5 × 5
2	5.4	10 × 10
3	10.1	15 × 15
4	15.7	20 × 20

กรงฟาราเดย์เป็นแท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันเป็นตาข่าย ล้อมรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นผลทำให้เกิดฉนวนไฟฟ้าสถิต การป้องกันโดยใช้กรงฟาราเดย์เรียกอีกชื่อหนึ่งว่าเป็น วิธีตาข่าย (mesh method) โดยทั่วไปอาคารที่มีโครงสร้างเป็นคอนกรีตเสริมเหล็กก็เข้าข่ายกรงฟาราเดย์ แต่ความถี่ห่างของโครงเหล็กก็มีผลต่อการป้องกัน ดังนั้นการใช้กรงฟาราเดย์ขนาดเท่านี้จะปลอดภัยต่ออุปกรณ์ภายในสิ่งปลูกสร้างอาคารด้วย ตัวอย่างของระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แผกอิสระที่ออกแบบด้วยวิธีตาข่ายสำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบแสดงดังรูปที่ 2.7 สำหรับสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียงแสดงดังรูปที่ 2.8 และตัวอย่างของระบบป้องกันฟ้าผ่าที่มีตัวนำเดินซ้อนแสดงดังรูปที่ 2.9

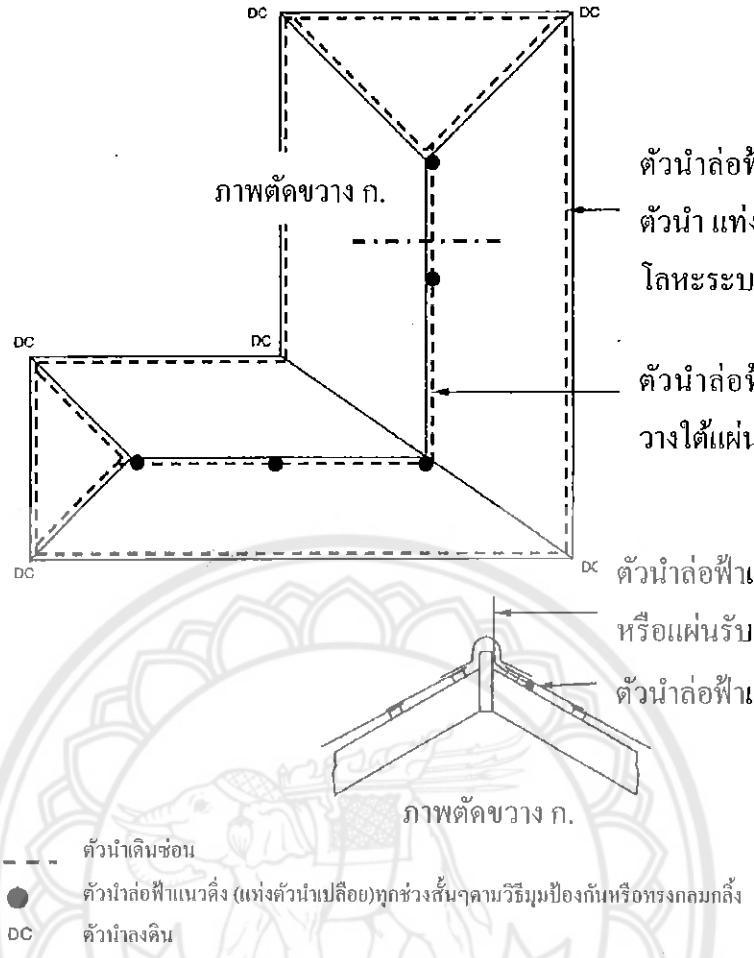


รูปที่ 2.7 ตัวนำล่อฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่าบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาราบ



รูปที่ 2.8 ตัวนำล่อฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่าบนสิ่งปลูกสร้างที่มีหลังคาเอียง

ว.วท.4833
ป
วิทยาก
๔๕๖๗
สำนักหอสมุด
10 ต.ค. 2560



รูปที่ 2.9 ตัวอย่างของการออกแบบตัวนำล่อฟ้าของระบบป้องกันฟ้าผ่าไม่แยกอิสระโดยวิธีตาข่าย

2.6.2 ระบบตัวนำลงดิน

การเลือกจำนวนและตำแหน่งของตัวนำลงดินควรคำนึงถึงความจริงที่ว่า ถ้ากระแสฟ้าผ่าถูกแบ่งไหลในตัวนำลงดินหลายๆเส้น จะทำให้ความเสี่ยงในการเกิดวาบฟ้าผ่าสู่ด้านข้างและการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้าภายในสิ่งปลูกสร้างลดลง ดังนั้น ตัวนำลงดินควรวางให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ ตามเส้นรอบสิ่งปลูกสร้างและให้มีลักษณะสมมาตรกันเท่าที่จะเป็นได้ การแบ่งกระแสปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ ไม่เพียงแต่โดยการเพิ่มจำนวนของตัวนำลงดินเท่านั้นแต่ยังทำได้เช่นกันโดยตัวนำวงแหวนต่อให้ศักย์เท่ากัน ตัวนำลงดินควรวางไว้ให้ห่างจากวงจรภายในและส่วนโลหะให้มากที่สุดเท่าที่ทำได้ เพื่อหลีกเลี่ยงความจำเป็นในการประสานให้ศักย์เท่ากันกับระบบป้องกันฟ้าผ่า และขนาดต่ำสุดของตัวนำในระบบป้องกันฟ้าผ่าได้กำหนดไว้ในตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 ขนาดต่ำสุดของวัสดุในระบบป้องกันฟ้าผ่า

ระดับการป้องกัน	วัสดุ	ตัวนำล่อฟ้า (มม.^{2})	ตัวนำลงดิน (มม.^{2})	รากสายดิน (มม.^{2})
1 ถึง 4	ทองแดง	50	50	50
	อะลูมิเนียม	70	70	-
	เหล็ก	120	120	120

2.6.3 ระบบรากสายดิน

ระบบรากสายดิน มีหน้าที่ในการแพร่กระจายกระแสฟ้าผ่าลงดิน โดยไม่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่เป็นอันตราย รูปร่างและขนาดของระบบรากสายดินมีความสำคัญมากกว่าค่าความต้านทานเฉพาะของรากสายดิน แต่เพื่อให้มีการนำกระแสฟ้าผ่าและการแพร่กระจายกระแสฟ้าผ่าได้ดี ค่าความต้านทานเฉพาะของรากสายดินควรจะมีค่าต่ำ ซึ่งมาตรฐาน IEC 62305-3 และสมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ได้แนะนำค่าความต้านทานของระบบรากสายดินควรมีค่าไม่เกิน 10 โอห์ม ระบบป้องกันฟ้าผ่าควรใช้ระบบโครงสร้างรากสายดินแบบรวมชุดเดียวซึ่งประกอบด้วย ระบบรากสายดินของระบบป้องกันฟ้าผ่า ระบบรากสายดินของระบบไฟฟ้าแรงต่ำและระบบรากสายดินของระบบสื่อสาร เป็นต้น โดยการต่อร่วมแบบชุดเดียวกันสามารถทำได้โดยการประสานให้ศักย์เท่ากัน (Equipotential Bonding) ซึ่งเมื่อเกิดฟ้าผ่าจะทำให้ระดับแรงดันที่ลงสู่รากสายดินไม่เกิดความต่างศักย์กัน

ประเภทของรากสายดินที่มีการใช้งาน สามารถวางระบบรากสายดินได้หลายประเภท เช่น รากสายดินวงแหวนชนิดหนึ่งวงหรือมากกว่า ระบบรากสายดินแนวดิ่งหรือแนวเอียง ระบบรากสายดินแนวรัศมีและระบบรากสายดินฐานราก ซึ่งสามารถวางระบบรากสายดินร่วมกันได้หลายวิธีโดยที่การวางตัวนำหลายตัวที่กระจายกันอย่างเหมาะสมจะดีกว่าตัวนำรากสายดินยาวชุดเดียว

การติดตั้งรากสายดินหลายชุด รากสายดินวงแหวนนอกสุดต้องฝังไว้ใต้ดินลึกอย่างน้อย 0.5 เมตรและติดตั้งกระจายสม่ำเสมอเพื่อลดผลการเหนี่ยวนำทางไฟฟ้าในดิน และต้องห่างจากโครงสร้าง อาคารเป็นระยะมากกว่า 1 เมตร

รากสายดินโดยธรรมชาติ เช่นเหล็กเสริมเชื่อมต่อในคอนกรีตหรือโครงสร้างโลหะฝังดิน ซึ่งมีคุณลักษณะตามมาตรฐาน สามารถใช้เป็นรากสายดินได้และเมื่อใช้โลหะเสริมคอนกรีตเป็นรากสายดิน ต้องระมัดระวังเรื่องจุดต่อของโครงสร้างเป็นพิเศษ เพื่อป้องกันการแยกตัวทางกลของ คอนกรีตเมื่อมีการรับกระแสฟ้าผ่า

2.7 การคำนวณโหลด

ขั้นตอนหนึ่งที่มีความสำคัญมากในการออกแบบระบบไฟฟ้าของชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดคือ การคำนวณโหลด ค่าโหลดจะเป็นตัวกำหนดของขนาดอุปกรณ์ตัดตอน สายไฟฟ้า ท่อร้อยสายไฟฟ้าของแต่ละวงจร ซึ่งขนาดของอุปกรณ์ตัดตอน สายไฟฟ้าและท่อร้อยสายต้องเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับการออกแบบนั้น ค่าโหลดที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ถือว่าเป็น "ค่าขั้นต่ำ" ซึ่งโดยทั่วไปแล้วผู้ออกแบบจะต้องออกแบบให้มีขนาดมากกว่านั้นเพื่อเป็นการเผื่อขยายโหลดในอนาคต [7] ซึ่งตัวอย่างการคำนวณโหลดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเต้ารับ และระบบปรับอากาศ แสดงได้ดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการคำนวณโหลดระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

วงจรย่อยที่ 1 มี 9 ดวงโคมจากโซนที่ 1 แต่ละดวงโคมมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด ค่าโหลดของฟลูออเรสเซนต์จากตาราง F คือ 60 โวลต์แอมป์

ขนาดโหลด = 9×2×60

= 1,080 โวลต์แอมป์

ขนาดกระแส $I = \frac{\text{ขนาดโหลด}}{\text{แรงดัน}}$

$= \frac{1,080}{220}$

= 4.9091 แอมแปร์

ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน ≥ 1.25×4.9091 = 6.1364

ตัวอย่างการคำนวณโหลดระบบเต้ารับ

วงจรย่อยที่ 2 เต้ารับ 4 จุด แต่ละจุดมีขนาด 180 โวลต์แอมป์

ขนาดโหลด = 4×180

= 720 โวลต์แอมป์

ขนาดกระแส $I = \frac{\text{ขนาดโหลด}}{\text{แรงดัน}}$

$= \frac{720}{220}$

= 3.2727 แอมแปร์

ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน ≥ 1.25×3.2727 = 4.0909

ตัวอย่างการคำนวณโหลดระบบปรับอากาศ

วงจรย่อยที่ 1

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 65,000 บีทียู โดยที่ 12,000 บีทียู มีโหลดขนาด 1,500 โวลต์แอมป์ จากตาราง G ดังนั้นเครื่องปรับอากาศขนาด 65000 บีทียู หาขนาดโหลดได้จาก

$$\text{ขนาดโหลด} = \frac{65,000}{12,000}\times 1,500$$

$$= 8,125 \text{ โวลต์แอมป์}$$

$$\text{ขนาดกระแส} \quad I = \frac{\text{ขนาดโหลด}}{\text{แรงดัน}}$$

$$= \frac{8,125}{\sqrt{3}\times 380}$$

$$= 12.345 \text{ แอมแปร์}$$

ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน $\geq 1.25\times 12.345 = 15.4313$

ตามข้อกำหนดการคำนวณโหลดตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับการคำนวณขนาดของสายป้อนนั้น สายป้อนจะต้องมีขนาดเพียงพอที่จะจ่ายโหลดได้และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามที่กำหนดให้คือ โหลดแสงสว่างอนุญาติให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.5 โหลดเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 2.6 โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป อนุญาตให้ใช้ดีมานแฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.7

1. โหลดแสงสว่างอนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง(VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์(%)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 2,000	100
	ส่วนเกิน 2,000	35
โรงพยาบาล	ไม่เกิน 50,000	40
	ส่วนเกิน 50,000	20
โรงแรม รวมถึงห้องชุดที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัยประกอบอาหารได้	ไม่เกิน 20,000	50
	20,001 - 100,000	40
	ส่วนเกิน 100,000	30
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500	100
	ส่วนเกิน 12,500	50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

หมายเหตุ *ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางนี้ ห้ามใช้สำหรับโหลดแสงสว่างในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาลหรือโรงแรม ซึ่งบางขณะจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่างพร้อมกัน เช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหารหรือห้องโถง ฯลฯ

2. โหลดเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 ดีมานด์แฟกเตอร์ สำหรับสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับรวม (คำนวณโหลดเต้ารับละ180VA)	**ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)**
10 kVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10kVA	50

3. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป อนุญาตให้ใช้ดีมานแฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
1.อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 แอมแปร์ + ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ100
2.อาคารสำนักงานและร้านค้ารวมถึงห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด +ร้อยละ 80 ของตัวใหญ่รองลงมา +ร้อยละ 60 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละ 100 ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด +ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ100
3.โรงแรมและอาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้อง	ร้อยละ 75

2.8 การประมาณราคาระบบไฟฟ้า

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าสิ่งสำคัญนอกจากความปลอดภัยของผู้ใช้งานแล้วก็คือจำนวนเงินที่ใช้สำหรับการติดตั้งระบบไฟฟ้าดังกล่าว หากออกแบบระบบไฟฟ้าเกินความจำเป็นมากไปจะส่งผลให้ใช้เงินทุนที่มากตาม ซึ่งอาจเป็นการสิ้นเปลืองโดยปล่าวประโยชน์ สำหรับระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ได้ทำการประมาณราคาขึ้นเพื่อให้ทราบจำนวนเงินที่จำเป็นต้องใช้ และเปรียบเทียบกับราคาจริงที่ผู้ออกแบบแปลนได้ทำการกำหนดราคาไว้แล้ว ว่ามีความสมเหตุสมผลหรือไม่ และมีราคาใกล้เคียงกับของผู้ออกแบบแปลนได้ทำการกำหนดราคาไว้หรือเปล่า การประมาณราคาขั้นตอนแรกคือการประมาณราคาอย่างหยาบเป็นการประมาณราคาอย่างคร่าวๆ ใช้เพื่อประมาณราคาของแต่ละโครงการว่าควรจะใช้งบประมาณมากหรือน้อยก่อนทำการออกแบบจริง หลังจากทราบงบประมาณที่จำเป็นต้องใช้แล้วเจ้าของกิจการตกลงดำเนินโครงการ ผู้ออกแบบก็จะทำการออกแบบตามขั้นตอนเมื่อออกแบบเสร็จแล้วก็จะต้องมีการประมาณราคาอีกครั้ง เรียกว่าการประมาณราคาอย่างละเอียดเพื่อให้ทราบราคาที่แน่นอน การประมาณราคาอย่างละเอียดนี้เป็นการประมาณที่แม่นยำมาก ส่วนจะใกล้เคียงกับราคาจริงมากน้อยเท่าไรนั้น ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของผู้ประมาณราคา การประมาณราคาวิธีนี้จะต้องดูจากแบบแลนระบบไฟฟ้าซึ่งได้ออกแบบมาโดยละเอียด โดยได้กำหนดอุปกรณ์ต่างๆ และข้อกำหนดที่ต้องการไว้ครบถ้วน โดยแสดงขั้นตอนหลักในการประมาณราคา มี 5 ขั้นตอน [12] ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนในการประมาณราคา

1. ตรวจสอบเอกสาร ตรวจจำนวนแบบแปลนทางไฟฟ้าว่ามีครบถ้วน ตรวจรายการกำหนดรายละเอียด (Specifications) รายการประกอบแบบ ตรวจประเภทของการประมูลว่าเป็นแบบเปิดหรือแบบปิด วันและสถานที่ยื่นซองประมูล หนังสือค้ำประกันของธนาคาร เงื่อนไขการชำระเงิน และระยะเวลาแล้วเสร็จของงาน

2. ศึกษารายการกำหนดรายละเอียด (รายการประกอบแบบ) ขั้นตอนนี้นับเป็นหัวใจของการประมาณราคา ผู้ประมาณราคาจะต้องศึกษารายการกำหนดรายละเอียดอย่างละเอียด เพื่อให้ทราบจุดประสงค์ของผู้ออกแบบ หรือผู้กำหนดรายละเอียดในรายการกำหนดรายละเอียด ในรายการกำหนดรายละเอียดอาจแบ่งเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆคือ

2.1 ข้อกำหนดขอบข่ายของงานที่ต้องดำเนินการ เช่น

- ติดตั้งระบบไฟฟ้าแรงสูง จากสายส่งของการไฟฟ้าฯ เข้าสู่ห้องเครื่อง
- ติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้า, หม้อแปลง
- ติดตั้งตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board: MDB)
- ติดตั้งดวงโคม เต้ารับ และเดินสายในท่อร้อยสาย

- ติดตั้งระบบต่อลงดิน (Grounding)
- ติดตั้งระบบป้องกันฟ้าผ่า
- ติดตั้งระบบพิเศษอื่นๆ

2.2 กำหนดความรับผิดชอบของผู้ติดตั้งระบบไฟฟ้า เช่น กำหนดวิธีการเดินสาย การติดตั้งอุปกรณ์ประเภทต่างๆ การติดตั้งฟันกำหนด การปรับเมื่อทำงานช้า และการรับประกันหลังการติดตั้ง เป็นต้น

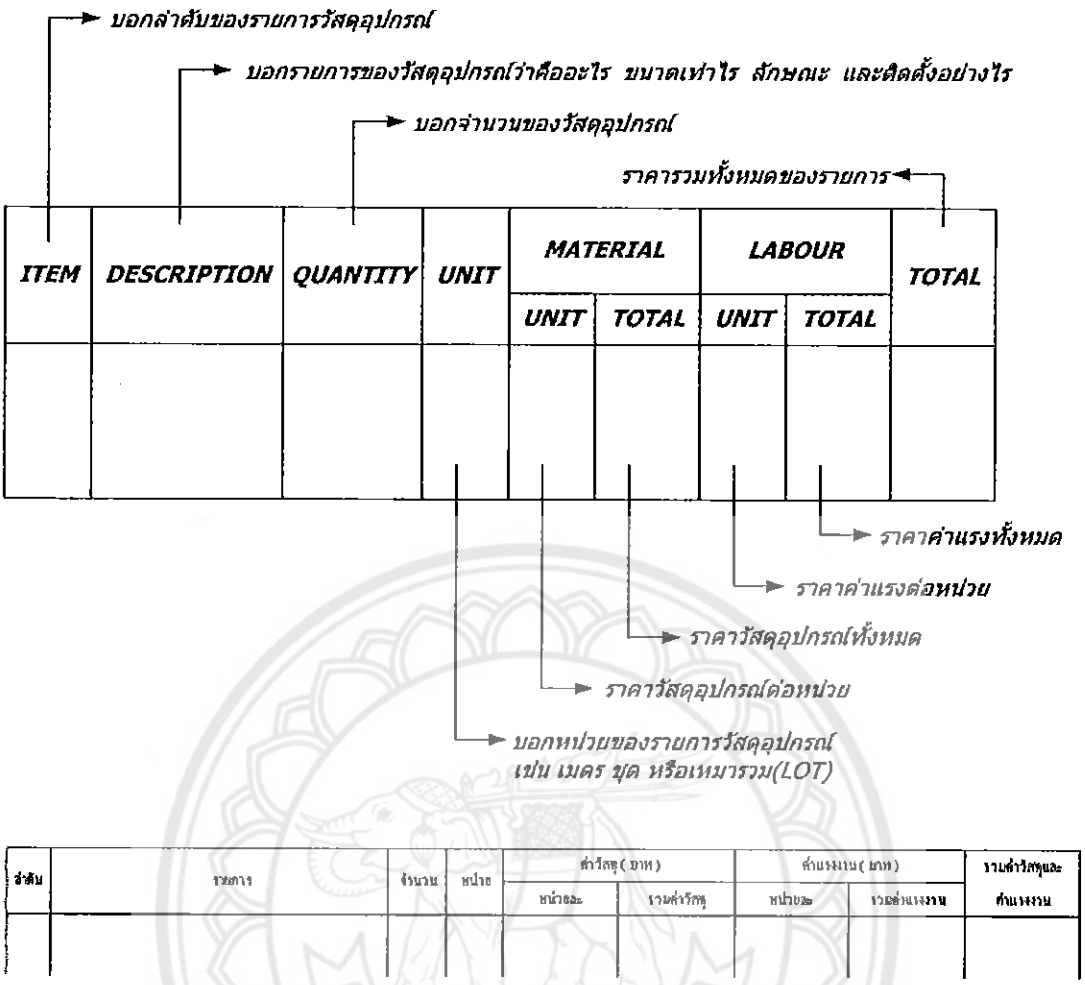
2.3 กำหนดชนิดและแบบของอุปกรณ์อาจบอกเป็นคุณลักษณะที่ต้องการของอุปกรณ์หรืออาจบ่งชื่อ ยี่ห้อเลยก็ได้

3. การถอดแบบ การถอดแบบเพื่อแยกและนับจำนวนอุปกรณ์และอุปกรณ์ช่วยต่างๆ ที่ต้องใช้เพื่อให้ติดตั้งได้สมบูรณ์การถอดแบบนี้เป็นขั้นตอนที่สำคัญ และกินเวลามากที่สุดในการประเมินราคา การถอดแบบนี้จำเป็นต้องอาศัยเทคนิค และความรู้อย่างดีเกี่ยวกับการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆวิธีการเดินท่อและสายที่ถูกต้อง และประหยัดที่สุด (โดยต้องอยู่ภายใต้รายการกำหนดรายละเอียด) การถอดแบบนิยมถอดเป็นระบบเพื่อความเป็นระเบียบและความสะดวกในการคำนวณ การทำความเข้าใจและการตรวจสอบ ในการคิดรายละเอียด (ถอดแบบ) ของแต่ละระบบมักทำในรูปของแบบฟอร์ม เพื่อให้ง่ายแก่การคำนวณและตรวจสอบ

4. การสอบถามราคา เมื่อถอดแบบนำอุปกรณ์ต่างๆ ออกมาเรียบร้อยแล้วให้ทำรายการอุปกรณ์ตามประเภท เพื่อส่งให้บริษัทผู้ขายหรือผู้ผลิตตีราคา โดยอุปกรณ์ต่างๆที่ส่งไปจะต้องระบุลักษณะต่างๆให้แน่ชัดว่าเป็นแบบใด ยี่ห้อใด ขนาดพิกัดเท่าไร เพื่อให้ได้ราคาอุปกรณ์ที่ต้องการ ในการเสนอราคาของผู้ขายนั้นจะประกอบด้วยลักษณะสำคัญ 3 อย่าง คือ

- การยื่นราคา
- การชำระเงิน
- การส่งของ

5. การทำราคาในรูปของบัญชีแสดงปริมาณวัตถุ (Bill of Quntity: BOQ) คือบัญชีหรือรายการแสดงรายละเอียดของวัสดุอุปกรณ์ จำนวนรวมทั้งราคาของวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งอุปกรณ์ โดยการจัดเรียงของรายการจะเริ่มจากขาเข้าของระบบไฟฟ้า (Incoming) เข้ามาในโครงการ แล้วจึงไล่ตามแผนภาพเส้นเดียว (Single line diagram) หรือแผนภาพแนวตั้ง (Riser diagram) ไปยังอุปกรณ์ย่อยตัวสุดท้าย นอกจากนี้มีการแยกรายการอุปกรณ์หลักออกเป็นรายการต่างหาก และแยกรายการของแต่ละระบบออกจากกัน เช่น ระบบไฟฟ้า, ระบบโทรศัพท์หรือระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ เป็นต้น การทำราคาในรูปของบัญชีแสดงปริมาณวัตถุ สามารถแสดงตัวอย่างแบบฟอร์ม BOQ ที่ใช้สำหรับงานทั่วๆไปได้ดังรูปที่ 2.



ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าวัสดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน
				หน่วยละ	รวมค่าวัสดุ	หน่วยละ	รวมค่าแรงงาน	

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างแบบฟอร์ม BOQ ที่ใช้สำหรับงานทั่วๆไป

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร ผู้จัดทำโครงงานมีวิธีดำเนินโครงงานตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานและความต้องการของผู้ใช้งาน

ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการสอบถามข้อมูลจากเจ้าหน้าที่ประจำอาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร นายขวัญ อ่ำดี ซึ่งเป็นเจ้าหน้าที่ฝ่ายอาคารสถานที่ดังรูปที่ 3.1 สอบถามถึงจุดมุ่งหมายของการต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุด ได้ข้อมูลว่าเนื่องจากพื้นที่ให้บริการ 24 ชั่วโมง ไม่เพียงพอต่อจำนวนนิสิตนักศึกษาที่เข้าใช้บริการ จึงจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่ในการให้บริการ โดยการย้ายส่วนของสำนักงานใน 1 ไปรวมไว้ที่ชั้น 4 ทำให้บริเวณ พื้นที่บริการ 24 ชั่วโมงของชั้น 1 มีพื้นที่ใช้สอยมากขึ้นและทราบว่าระบบไฟฟ้าที่ทำการติดตั้งมีระบบใดบ้าง อันได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และระบบป้องกันฟ้าผ่า

รูปที่ 3.1 สอบถามข้อมูล

เมื่อทำการสอบถามข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงได้ขออนุญาตขึ้นไปสำรวจบริเวณส่วนที่จะทำการต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร และมีการติดตั้งระบบไฟฟ้าต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3

รูปที่ 3.2 สำรวจบริเวณส่วนต่อเติมชั้น 4 ฝั่งขวาของอาคารสำนักหอสมุด

รูปที่ 3.3 สำรวจบริเวณส่วนต่อเติมชั้น 4 ฝั่งซ้ายของอาคารสำนักหอสมุด

3.2 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรจำเป็นต้องศึกษาหลักการในการออกแบบ อันได้แก่ ระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบป้องกันฟ้าผ่ารวมไปถึงวิธีการประมาณราคา เพื่อให้ถูกต้องตามหลักเกณฑ์และเป็นไปตามมาตรฐานวิชาชีพ ดังนี้

ระบบแสงสว่างต้องให้มีความสว่างเกินค่ามาตรฐานเพื่อเป็นการป้องกันสายตาของผู้ใช้งานไม่ต้องใช้สายตามากจนทำให้เสียสายตาเป็นเหตุให้เสียสุขภาพ และต้องไม่มากจนเกินไปเช่นเดียวกัน จากนั้นทำการคำนวณโหลดเพื่อหาขนาดอุปกรณ์ป้องกัน ขนาดสายไฟและขนาดท่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

เต้ารับที่ใช้สำหรับระบบเต้ารับต้องผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์และอุตสาหกรรมหรือ มอก. ต้องเป็นเต้ารับที่มีรูเสียบสำหรับสายดินเพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้งาน จากนั้นทำการคำนวณโหลดเพื่อหาขนาดอุปกรณ์ป้องกัน ขนาดสายไฟและขนาดท่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

ระบบปรับอากาศต้องสามารถถ่ายเทความร้อนเพื่อทำให้บุคคลหรือผู้ที่อยู่ภายในห้องเกิดความรู้สึกสบาย เพราะการทำงานภายในบริเวณที่เหมาะสมทางด้านสภาพอากาศจะทำให้งานที่ทำได้นั้นมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะต้องตรวจสอบเพื่อให้ได้ตามมาตรฐานจากนั้นทำการคำนวณโหลดเพื่อหาขนาดอุปกรณ์ป้องกัน ขนาดสายไฟและขนาดท่อให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นระบบที่สำคัญในด้านการสื่อสารภายในอาคารสำนักงานต้องสามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้โดยไม่ทำให้เกิดความล่าช้าในการส่งข้อมูลดังนั้นจึงต้องได้รับการออกแบบที่ถูกต้องโดยคำนึงถึงรูปแบบองค์กร เป้าหมาย จำนวนผู้ใช้งาน เป็นต้น

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้เป็นระบบที่สำคัญมาก หากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไม่สามารถแจ้งเหตุได้ขณะเกิดไฟไหม้จะทำให้เกิดการสูญเสียชีวิตหรือทรัพย์สินได้ จึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้ถูกต้องตามมาตรฐานถึงการวางตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์ตรวจจับควัน

ระบบป้องกันฟ้าผ่าก็เป็นอีกระบบหนึ่งที่สำคัญในการตรวจสอบสำหรับโครงงานนี้ใช้วิธีการวางตำแหน่งแท่งตัวนำล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์หรือเรียกอีกชื่อว่าวิธีตาข่ายเนื่องจากหลังคาค่อนข้างอยู่ในแนวระนาบเอียงทำมุมกับพื้นไม่เกิน 5.7 องศาและในการเลือกขนาดสายตัวนำและการฝังรากสายต้องเป็นไปตามมาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่า

หลังจากทำกาตรวจสอบครบทุกระบบแล้วต้องทำการประเมินราคาเพื่อให้ทราบราคาที่ต้องใช้สำหรับระบบไฟฟ้าของชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด

ซึ่งหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมดในการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าของโครงงานนี้ได้รวบรวมไว้ที่บทที่ 2 เรียบร้อยแล้ว

3.3 ตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า

หลังจากทำการศึกษาข้อมูลในการตรวจสอบระบบไฟฟ้าครบทุกระบบของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรแล้ว ลำดับต่อไปคือการนำความรู้ที่ได้ศึกษามาทำการตรวจสอบแบบแปลนไฟฟ้า อันได้แก่ระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบประอากาศ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบป้องกันฟ้าผ่า แสดงได้ดังต่อไปนี้

3.3.1 ระบบแสงสว่าง

ทำการตรวจสอบโดยใช้หลักการแบ่งส่วนของโพรงห้อง (Zonal cavity method) โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 3.4 ดังนี้

- วัดความกว้าง ความยาว และความสูงของห้องทุกห้อง เพื่อใช้ในการคำนวณ
- แบ่งห้องใดๆที่ต้องการจะออกแบบออกเป็น 3 ส่วนของโพรง
- ทำการคำนวณหาค่าอัตราส่วนของโพรง (Cavity ratio) จาก

หาค่าอัตราส่วนโพรงเพดาน (ceiling cavity ratio : CCR) ซึ่งมีนิยามว่า

$$CCR = \frac{5h_{cc}(L+W)}{L \times W},$$

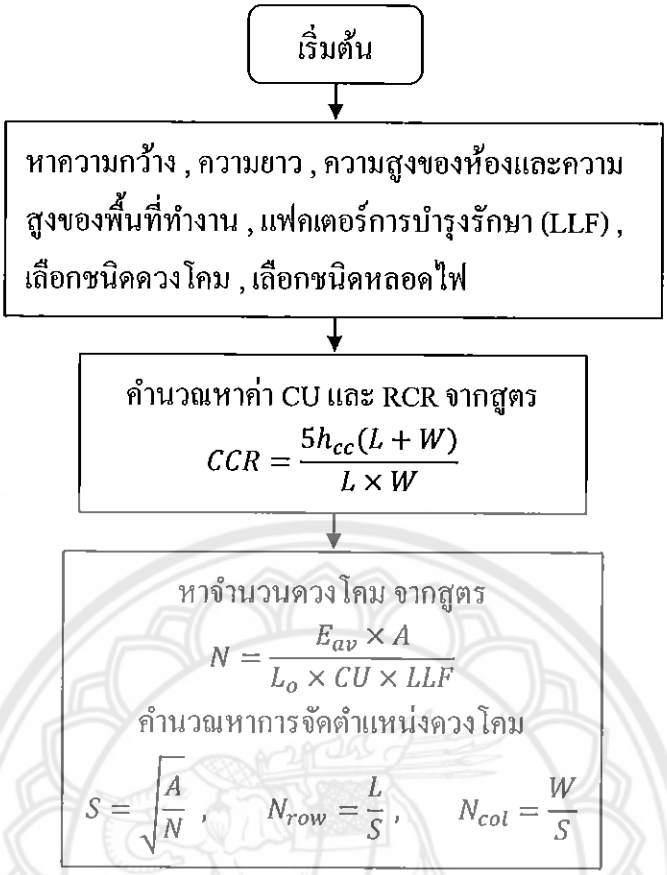
หาค่าอัตราส่วนโพรงห้อง (room cavity ratio : RCR) ซึ่งมีนิยามว่า

$$RCR = \frac{5h_{rc}(L+W)}{L \times W},$$

หาค่าอัตราส่วนโพรงห้อง (room cavity ratio : RCR) ซึ่งมีนิยามว่า

$$FCR = \frac{5h_{fc}(L+W)}{L \times W}$$

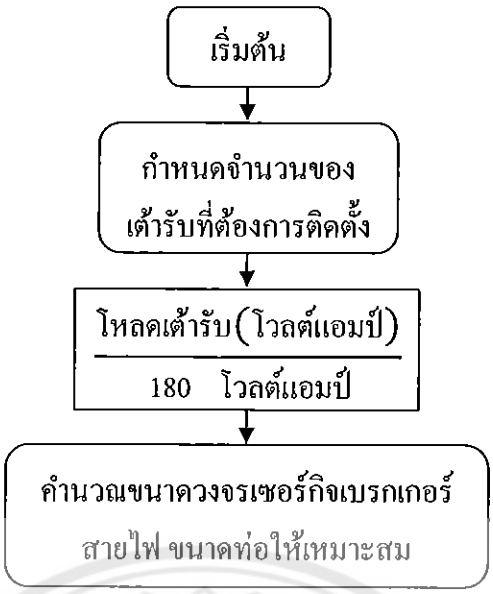
- หาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโคม
- หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง CU (Coefficient of utilization)
- ทำการปรับค่า CU
- หาจำนวนดวงโคมที่ต้องการจากสูตร $N = (E \times A)/(n \times \emptyset_L \times CU \times LLF)$
- จัดวางตำแหน่งของดวงโคมจากสูตร $S = \sqrt{(A/N)}$



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงขั้นตอนการคำนวณ

3.3.2 ระบบเต้ารับ

ทำการตรวจสอบและเปรียบเทียบการออกแบบระบบเต้ารับจากแบบแปลนระบบไฟฟ้าชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร กำหนดเต้ารับให้เหมาะสมกับขนาดของห้องและการใช้งาน และคำนวณขนาดวงจรเซอร์กิจเบรกเกอร์ สายไฟ ขนาดท่อให้เหมาะสมและปลอดภัย โดยมีขั้นตอนในการดำเนินการ โดยเริ่มต้นทำการกำหนดจำนวนของเต้ารับที่ต้องการติดตั้งจากนั้นรวมโหลดของเต้ารับหารด้วยโหลดของเต้ารับ 180 โวลต์แอมป์ เพื่อหาขนาดของกระแสเต้ารับ เมื่อได้กระแสที่ต้องการ จะสามารถนำไปคำนวณขนาดวงจรเซอร์กิจเบรกเกอร์ สายไฟ ขนาดท่อต่อไปได้ ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แผนผังแสดงขั้นตอนการหาจำนวนเต้ารับ

3.3.3 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่มีความสำคัญ หากใช้ขนาดเครื่องปรับอากาศที่ไม่เหมาะสมกับขนาดห้องหรือสภาพภูมิอากาศจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักเป็นสาเหตุในการสิ้นเปลืองพลังงาน โดยขั้นตอนในการออกแบบมีดังต่อไปนี้

1. วัดขนาดของพื้นที่ห้อง โดยใช้วิธีคำนวณบีทียูต่อพื้นที่

2. นำพื้นที่ที่วัดได้คูณกับค่าขนาดบีทียู ต่อ ขนาดห้อง และคูณด้วยค่าตัวแปรปรับค่าความสูงของห้อง จะได้ขนาด บีทียู ที่เหมาะสม

3. เมื่อเราทราบขนาด บีทียู ที่เหมาะสมแล้ว นำค่ามาเทียบหาสัมประสิทธิ์เพื่อหาค่าโหลด เมื่อ 12,000 บีทียู เท่ากับ 1 ตันความเย็น ใช้ 1,500 โวลต์แอมป์ จากตารางที่ 3 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน

4. เมื่อทราบค่าของโหลด สามารถนำมาใช้หาขนาดของเซอร์กิจเบรกเกอร์ ขนาดสายไฟ ขนาดท่อที่เหมาะสม และเลือกขนาดของสายเมนหลักจากหม้อแปลงได้

5. ทำการเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับค่าภาระทางความเย็นที่คำนวณได้

6.เปรียบเทียบการหาขนาดของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้วิธีอย่างละเอียดตามมาตรฐานคือ วิธี Method for Cooling Load (CLTD/CLF) เพื่อเช็คความถูกต้องว่าวิธี บีทียูต่อพื้นที่ที่ใช้คำนวณคร่าวๆนั้นสามารถนำมาใช้ได้จริงถูกต้องหรือไม่

3.3.4 ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์

เนื่องจากการต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดนั้น มีระบบเครือข่ายเดิมอยู่แล้วในการออกแบบนั้นจึงทำการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานของบุคลากร โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลของผู้ใช้แล้วจึงทำการกำหนดตำแหน่งของจุดต่อสายแลนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้

3.3.5 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

การติดตั้งระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้ (Fire Alarm) ต้องติดตั้งระบบให้สมบูรณ์แบบตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย เพื่อสร้างความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สิน ในการออกแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ของส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดเป็นการต่อเติมจากระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้เดิมที่มีอยู่แล้วเพื่อการผสานงานของระบบที่รวดเร็วและถูกต้องโดยมีหลักการดังนี้

- อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดจุดต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 10.5 เมตร
- อุปกรณ์ตรวจจับควันชนิดลำแสงต้องติดตั้งในระดับความสูงไม่เกิน 25 เมตร
- อุปกรณ์ตรวจจับแต่ละตัว ต้องติดตั้งที่ฝ้าเพดานหรือหลังคา ห่างจากฝ้าเพดานหรือหลังคาไม่น้อยกว่า 25 มิลลิเมตร แต่ไม่เกิน 600 มิลลิเมตร
- ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับบนเพดานให้มีระยะรัศมีจากจุดใด ๆ บนเพดานถึงอุปกรณ์ตรวจจับตัวใกล้ที่สุดต้องไม่เกิน 5.10 เมตร

3.3.6 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่านั้น เนื่องจากอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรมีระบบเดิมอยู่แล้วซึ่งออกแบบโดยวิศวกร เพียงแค่เพิ่มแท่งตัวนำจากระบบเดิมให้ครอบคลุมเท่านั้น เพราะฉะนั้นระบบนี้กลุ่มโครงงานจึงได้รับมอบหมายงานใหม่จากอาจารย์ที่ปรึกษา ให้ออกแบบระบบฟ้าผ่าของอาคารอเนกประสงค์ที่จะทำการสร้างขึ้นใหม่ โครงสร้างของอาคารอเนกประสงค์(NU PARK) นั้นมีลักษณะของหลังคาเป็นแบบลาดเอียงและเรียบเป็นส่วนใหญ่ จึงเลือกใช้การออกแบบระบบป้องกันแบบวิธีตาข่ายหรือกรงฟาราเดย์ จะมีส่วนของหลังคาที่เป็นแบบจั่ว 1ใน4 ของพื้นที่เพียงเท่านั้นที่ใช้วิธีมุมป้องกัน

การออกแบบระบบป้องกันแบบวิธีตาข่ายหรือกรงฟาราเดย์ เป็นการนำแท่งตัวนำหรือโลหะต่อเชื่อมกันเป็นตาข่าย ล้อมรอบวัตถุหรือสิ่งก่อสร้าง เป็นผลทำให้เกิดฉนวนไฟฟ้าสถิต โดยขนาดช่องตาข่ายของกรงควรมีขนาดเล็กกว่าหนึ่งในแปดของความยาวคลื่น ของสัญญาณกระแสที่

เกิดจากฟ้าผ่า จะทำให้การเปลี่ยนของสนามแม่เหล็กไฟฟ้าภายนอกกรงไม่มีผลต่อสิ่งที่อยู่ในกรงตาข่าย การหาระยะจากแท่งตัวนำล่อฟ้าสามารถหาได้จากตารางที่ 2.3

3.4 เปรียบเทียบการออกแบบแปลนระบบไฟฟ้ากับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ

หลังจากตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าแล้วจะต้องทำการเปรียบเทียบกับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ ถึงข้อกำหนดในการติดตั้งเพื่อความถูกต้องปลอดภัยของผู้ใช้งาน หรือบุคคลที่มีความเกี่ยวข้องในการใช้งาน ซึ่งผลการตรวจสอบได้รวบรวมไว้อยู่ในบทที่ 4 เรียบร้อยแล้ว

3.5 จัดทำข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนระบบไฟฟ้า

เมื่อเปรียบเทียบระบบไฟฟ้าหลังจากการตรวจสอบแล้วมีความเห็นว่าควรจะต้องปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลง ต้องย้อนกลับไปตรวจสอบระบบนั้นๆอีกครั้งและทำการเสนอแนะแนวทางการปรับปรุง เพื่อให้ถูกต้องตามเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพ ซึ่งได้รวบรวมไว้ในบทที่ 5 เรียบร้อยแล้ว

3.6 วิเคราะห์ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้า

เมื่อทำการถอดแบบได้จำนวนพร้อมข้อกำหนดของอุปกรณ์ต่างๆ แล้วต้องทำการสืบราคาอุปกรณ์ทุกชนิดที่ใช้ในระบบไฟฟ้า และค่าแรงติดตั้ง เพื่อให้การประมาณราคามีความแม่นยำจึงมักทำการสอบราคาอุปกรณ์ชิ้นเดียวกันจากหลายๆแห่ง เพื่อให้ได้ราคามาตรฐานที่จะใช้ในการคำนวณ โดยจะทำการประมาณราคาอย่างละเอียด เพื่อให้การประมาณราคามีความถูกต้องยิ่งขึ้น ผลการวิเคราะห์ได้รวบรวมไว้อยู่ในบทที่ 4 เรียบร้อยแล้ว

3.7 จัดทำรายงานการประเมินราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้า

เมื่อทำการวิเคราะห์ราคาวัสดุอุปกรณ์และค่าแรงติดตั้งของระบบไฟฟ้าแล้ว จัดทำรายงานการประเมินราคาขึ้นเพื่อใช้เป็นหลักฐานในการประเมินราคา ในการตรวจสอบการออกแบบระบบไฟฟ้าของโครงงานนี้ ซึ่งได้รวบรวมไว้ในบทที่ 4 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

3.8 จัดทำรายงานผลการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า

เมื่อทำการตรวจสอบ เปรียบเทียบ ปรับปรุงและประเมินราคาเรียบร้อยแล้วนำมาวิเคราะห์ถึงความสมเหตุสมผลของระบบที่ได้ทำการตรวจสอบ อุปกรณ์ที่ใช้กับราคา เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้า ซึ่งได้รวบรวมไว้ในบทที่ 4 เรียบร้อยแล้ว

3.9 จัดทำการตรวจสอบคุณภาพรายงานโดยผู้เชี่ยวชาญ

เมื่อทำการจัดทำรายงานผลการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าเสร็จแล้ว จำเป็นจะต้องมีผู้เชี่ยวชาญหรือผู้มีใบประกอบวิชาชีพตรวจสอบความถูกต้อง ว่าเหมาะสมตรงตามเกณฑ์มาตรฐานและสามารถนำไปใช้ได้จริงหรือไม่ ซึ่งได้แนบไว้ท้ายภาคผนวก ก. เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

3.10 จัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

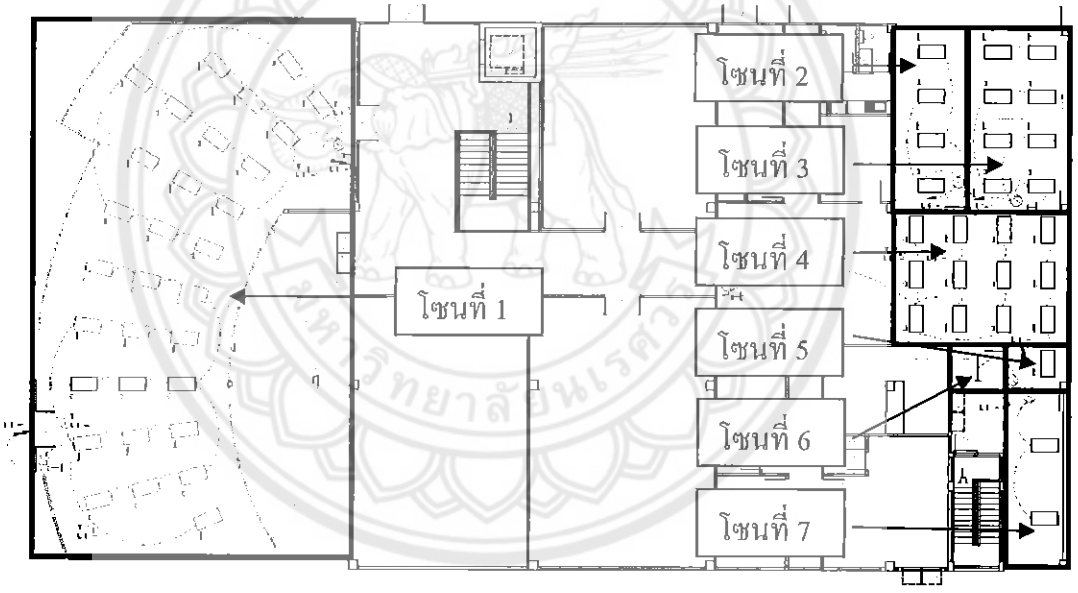
นำรูปเล่มมาปรับแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ในส่วนที่ได้รับคำแนะนำ และรวบรวมข้อมูลเพื่อจัดทำรูปเล่มปริญญานิพนธ์

บทที่ 4
การตรวจสอบและวิเคราะห์ผล

การตรวจสอบและการเปรียบเทียบแบบแปลนระบบไฟฟ้าที่วิศวกรได้ออกแบบไว้กับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวร ซึ่งมีระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบป้องกันฟ้าผ่ารวมไปถึงวิธีการประมาณราคา มีผลการตรวจสอบดังต่อไปนี้

4.1 ผลการตรวจสอบระบบแสงสว่าง

ขั้นตอนในการเริ่มการตรวจสอบระบบแสงสว่างจะเริ่มจากการแบ่งโซนห้องต่างๆ เพื่อใช้ในการคำนวณ สำหรับในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดสามารถแบ่งโซนได้ดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 การแบ่งโซนระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

จากแบบแปลนระบบไฟฟ้าส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรสามารถแบ่งโซนได้เป็น 7 โซน ทุกโซนมีความสูงของห้อง 2.9 เมตร หลังจากตรวจสอบแล้วสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 จำนวนดวงโคมที่ใช้ในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด

โซนที่	ประเภทห้อง	ความสว่าง	ขนาดห้อง (กว้าง×ยาว)	ประเภทดวงโคม	จำนวน (ดวงโคม)
1	ห้องสำนักงาน	300 ลักซ์	10.00×24.00	2×36 วัตต์	31
2	ห้องอาหาร	200 ลักซ์	3.15×8.20	2×36 วัตต์	4
3	ห้องอาหาร	200 ลักซ์	4.50×8.20	2×36 วัตต์	8
4	สำนักงานเลขานุการ	300 ลักซ์	5.95×7.80	2×36 วัตต์	12
5	สำนักงานเลขานุการ	300 ลักซ์	2.00×2.75	2×36 วัตต์	1
6	ห้องเก็บของ	50 ลักซ์	1.85×2.40	2×36 วัตต์	1
7	ทางเดิน	100 ลักซ์	2.50×8.00	2×36 วัตต์	2

หลังจากตรวจสอบจำนวนดวงโคมที่ใช้ทั้งหมดแล้ว ลำดับถัดมาคือการตรวจสอบความถูกต้องว่าใช้ดวงโคมจำนวนเพียงพอหรือไม่ โดยใช้วิธีแบ่งสัดส่วนของโพรง มีวิธีการตรวจสอบดังนี้

โคมไฟที่ใช้ในอาคารสำนักงานใช้ดวงโคมชนิดฝังฝ้าดังตาราง B โดยกำหนดให้ ρ_c = 80% , ρ_w = 50% , ρ_f = 30% ใช้หลอด F36/T8 มีค่าลูเมน 2700 ลูเมน/หลอด[7] LLF = 0.6 ความสูงของพื้นที่ทำงาน 0.85 เมตร

โซนที่ 1 ห้องสำนักงานพื้นที่ขนาด 10×24×2.9 เมตร ความสว่างเฉลี่ยบนพื้นที่ทำงาน 300 ลักซ์

ขั้นที่ 1 คำนวณหาค่าอัตราส่วนโพรง (Cavity ratio) CCR, RCR และFCR

โดยที่ h_{cc}= 0 m h_{rc}= 2.9-0.85= 2.05 m h_{fc}=0.85

จาก $$CCR = \frac{h_{cc}(L+W)}{L\times W}$$

$$= \frac{0\times(10+24)}{10\times24}$$

ดังนั้น CCR = 0

จาก $$RCR = \frac{h_{rc}(L+W)}{L\times W}$$

$$= \frac{2.05\times(10+24)}{10\times24}$$

ดังนั้น RCR = 0.2904

จาก $$FCR = \frac{h_{fc}(L+W)}{L\times W}$$

$$= \frac{0.85\times(10+24)}{10\times24}$$

ดังนั้น FCR = 0.1204

ขั้นที่ 2 หาค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรง

ข้อมูลที่มีอยู่คือ $\rho_f = 30\%$, $\rho_w = 50\%$; FCR = 0.1204

เมื่อใช้ข้อมูลที่มีอยู่กับตาราง A ทำให้ได้ค่าของ $\rho_{fc} = 29\%$

ขั้นที่ 3 หาค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์แสง (Coefficient of utilization) (ตาราง B)

ข้อมูลที่มีอยู่คือ CCR = 0, RCR = 0.2904, $\rho_w = 50\%$

จาก CCR = 0 ดังนั้น $\rho_{cc} = \rho_c = 80\%$

เมื่อใช้ $\rho_{cc} = 80\%$, $\rho_w = 50\%$, RCR=0.2904 กับตาราง B จะได้

ที่ RCR = 0 มีค่า CU = 0.83

ที่ RCR = 1 มีค่า CU = 0.75

ดังนั้นที่ RCR = 0.2904

จะได้ $$\frac{0-1}{0-0.2904} = \frac{0.83-0.75}{0.83-CU}$$

$$0.83 - CU = \frac{(0.83-0.75)(0-0.2904)}{(0-1)}$$

$$CU = 0.83 - \frac{(0.83-0.75)(0-0.2904)}{(0-1)}$$

ทำให้ได้ CU = 0.8068

ขั้นที่ 4 เนื่องจาก ρ_{fc} มีค่าเข้าใกล้ 30% จึงต้องใช้ "ตัวคูณปรับค่า" เพื่อแก้ไขปรับค่า CU ให้ถูกต้อง

ข้อมูลที่มีอยู่คือ $\rho_{cc} = 80\%$, $\rho_w = 50\%$, RCR=0.2904

เมื่อเปิดตาราง C ทำให้ได้ตัวคูณปรับค่ามีค่าเท่ากับ 1.028

ดังนั้นค่า CU ที่แท้จริงจะหาได้จากค่า CU เดิมคูณกับตัวแปรปรับค่า

$$CU = 0.8068 \times 1.028$$

ดังนั้น CU = 0.8294

ขั้นที่ 5 หาจำนวนโคมไฟใช้หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36 วัตต์ 2หลอด

จาก $$N = \frac{E_{av} \times A}{n \times \emptyset_L \times CU \times LLF}$$

$$= \frac{300 \times 10 \times 24}{2 \times 2700 \times 0.8294 \times 0.6}$$

ดังนั้น N = 26.7931 ≈27 ดวงโคม

ขั้นที่ 6 การจัดตำแหน่งดวงโคม

จาก $$S = \sqrt{\frac{A}{N}}$$

$$S = \sqrt{\frac{10\times24}{27}}$$

ดังนั้น $S = 2.98$

ทำการหาจำนวนแถวของดวงโคม

$$N_{col} = \frac{10}{2.98} = 3.36 \approx 4 \text{ แถว}$$

ทำการหาจำนวนดวงโคมในแต่ละแถวจะได้

$$N_{row} = \frac{24}{2.98} = 8.05 \approx 8 \text{ ดวงโคม / แถว}$$

ดังนั้น โซนที่ 1 ใช้ดวงโคมทั้งหมด 32 ดวงโคม

เมื่อทำการคำนวนครบทุกโซนแล้วนั้นสามารถสรุปจำนวนดวงโคมได้ดังตารางที่ 4.2

พิจารณาโซนที่ 1 เดิมที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ใช้ดวงโคมทั้งหมด 31 ดวงโคม จากการตรวจสอบคำนวณได้ 32 ดวงโคม เนื่องจากในขั้นตอนการคำนวณสำหรับความสว่างเฉลี่ย 300 ลักซ์ จะใช้ดวงโคมจำนวนเพียง 28 ดวงโคม แต่จากเกณฑ์การจัดวางตำแหน่งดวงโคมโดยใช้ระยะห่างระหว่างดวงโคมเพื่อหาจำนวนดวงโคมในแต่ละหลักและแต่ละแถว ทำให้ได้จำนวนดวงโคมทั้งหมดมาจากผลคูณของจำนวนดวงโคมแต่ละหลักคูณกับจำนวนดวงโคมแต่ละแถว ซึ่งจากการตรวจสอบใช้ดวงโคม 4 ดวงในแต่ละแถวและใช้ดวงโคม 8 ดวงในแต่ละหลัก ดังนั้นดวงโคมทั้งหมดจึงเป็น 32 ดวงโคม ที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ที่ 31 ดวงโคมจึงผ่านมาตรฐานเพราะโซนที่ 1 ความสว่างเฉลี่ย 300 ลักซ์ ใช้ดวงโคม 28 ดวงโคมเท่านั้น

โซนที่ 2 จากการตรวจสอบใช้ดวงโคม 3 ดวงโคมจากที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ที่ 4 ดวงโคม เนื่องจากห้องอาหารใช้ความสว่างเฉลี่ย 200 ลักซ์ เมื่อคำนวณออกมาแล้วใช้ดวงโคมทั้หมด 3 ดวงโคมและจากเกณการจัดวางตำแหน่งก็สรุปออกมาได้ 3 ดวงโคม แต่การเลือกใช้ 4 ดวงโคมก็ไม่ผิดจากมาตรฐานและยังเป็นการเพิ่มแสงสว่างขึ้นอีกจากค่าขั้นต่ำที่มาตรฐานกำหนดไว้

โซนที่ 3 ก็มีสาเหตุเดียวกันกับโซนที่ 2 โดยห้องอาหารมีความสว่างเฉลี่ย 200 ลักซ์ คำนวนจำนวนดวงโคมออกมาได้ 4 ดวงโคมแต่จากเกณฑ์การจัดวางตำแหน่งทำให้ได้ดวงโคมทั้งหมดเป็น 6 ดวงโคม โดยที่วิศกรได้ออกแบบไว้ดวงโคมถึง 8 ดวงโคม ทำให้ได้ประสิทธิภาพของการส่องสว่างมากกว่าขั้นต่ำที่มาตรฐานได้กำหนดไว้ซึ่งเป็นสิ่งที่ถูกต้อง

สำหรับอีก 4 โซนที่เหลือคือโซนที่ 4, 5, 6 และ 7 ตรวจสอบแล้วได้จำนวนดวงโคมเท่ากันซึ่งผ่านเกณฑ์มาตรฐานขั้นต่ำที่ได้กำหนดไว้

ตารางที่ 4.2 จำนวนดวงโคมหลังออกแบบโดยวิธีแบ่งสัดส่วนโพรง

โซนที่	จำนวนดวงโคมจากแบบแปลนเดิม (ดวงโคม)	จำนวนดวงโคมที่ออกแบบได้ (ดวงโคม)	ความแตกต่างจากการเปรียบเทียบ
1	31	32	+1
2	4	3	-1
3	8	6	-2
4	12	12	0
5	1	1	0
6	1	1	0
7	2	2	0
รวม	59	57	-2

จะเห็นได้ว่าจำนวนดวงโคมหลังการตรวจสอบมีจำนวนน้อยกว่าที่วิศวกรได้ออกแบบไว้ นั่นคือจากที่เราทำการตรวจสอบคือค่าขั้นต่ำที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าได้กำหนดไว้ ในการออกแบบจริงอาจใช้ค่าที่มากกว่าที่กำหนดได้เนื่องจากอาจมีค่าความสูญเสียของหลอดไฟที่มากกว่าที่ใช้ในการคำนวณจากการใช้งานเป็นเวลานาน การที่จำนวนดวงโคมที่วิศวกรได้ออกแบบไว้มากกว่าที่ได้จากการทดสอบจึงเป็นสิ่งที่ถูกต้อง เมื่อตรวจสอบจำนวนดวงโคมที่ต้องใช้ภายในอาคารสำนักงานแล้ว สิ่งต่อไปที่จะต้องทำการตรวจสอบในระบบแสงสว่างต่อไปคือการตรวจสอบขนาดสายไฟและอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้ในระบบแสงสว่าง หากขนาดสายหรืออุปกรณ์ป้องกันที่ใช้ไม่เหมาะสมก็จะทำให้เกิดอันตรายในการใช้งานได้ จากการตรวจสอบแบบแปลนที่วิศวกรได้ออกแบบไว้พบว่าโซนที่ 1 แบ่งออกเป็น 4 วงจรย่อย โซนที่ 2 และโซนที่ 3 โซนละ 1 วงจรย่อย โซนที่ 4 ,โซนที่ 5 , โซนที่ 6 และโซนที่ 7 รวมกันแล้วแบ่งได้ 2 วงจรย่อย รวมแล้วมีวงจรย่อยทั้งหมด 8 วงจรย่อย มีวิธีการตรวจสอบดังนี้

วงจรย่อยที่ 1 มี 9 ดวงโคมจากโซนที่ 1 แต่ละดวงโคมมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด แต่ละหลอดมีขนาด 60 โวลต์แอมป์ จากตาราง F

ขนาดโหลด $= 9\times2\times60$

$= 1{,}080$ โวลต์แอมป์

ขนาดกระแส $I = \dfrac{\text{ขนาดโหลด}}{\text{แรงดัน}}$

$I = \dfrac{1{,}080}{220}$

$$I = 4.9091 \text{ แอมแปร์}$$

$$\text{ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน} \geq 1.25 \times 4.9091 = 6.1364$$

ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันต้องเลือกขนาดที่สามารถป้องกันกระแสได้มากกว่าหรือเท่ากับ 6.1364 แอมแปร์ ในที่นี้วิศวกรได้เลือกขนาด 16AT / 32AF ขนาดของสายไฟที่เลือกใช้คือ THW 2×2.5 ตารางมิลลิเมตร ทนกระแสได้ 18 แอมแปร์ จากตาราง D และท่อร้อยสายที่เลือกคือ EMT 1/2 นิ้ว ร้อยสายขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร ได้ 4 เส้น จากตาราง E สำหรับวงจรย่อยที่ 2 ถึงวงจรย่อยที่ 7 สามารถคำนวนด้วยวิธีเดียวกันข้างต้นและสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 รายละเอียดวงจรย่อยของระบบแสงสว่าง

วงจรย่อยที่	โหลด (โวลต์แอมป์)	กระแส (แอมแปร์)	ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน	สายไฟ	ท่อร้อยสาย
1	1,080	6.1364	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
2	720	4.0909	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
3	1,080	6.1364	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
4	840	4.7728	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
5	480	2.7273	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
6	960	5.4545	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
7	1,080	6.1364	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"
8	840	4.7728	16AT / 32AF	THW 2×2.5 mm^2	EMT 1/2"

จากการตรวจสอบขนาดอุปกรณ์ป้องกัน สายไฟ และท่อร้อยสายของระบบแสงสว่าง พบว่าเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า โดยสายไฟที่เลือกใช้คือ 2.5 ตารางมิลลิเมตร ทนกระแสได้ 18 แอมแปร์ เป็นขนาดต่ำสุดที่มาตรฐานได้กำหนดให้ใช้ แม้กระแสที่คำนวนได้จะไม่ถึง 18 แอมแปร์ก็ตาม และขนาดของอุปกรณ์ป้องกันต้องเลือกให้มีขนาดมากกว่ากระแสที่คำนวณได้ และต้องน้อยกว่าขนาดของสายไฟ เพื่อป้องกันสายไฟไม่ให้ชำรุดเสียหาย สำหรับท่อร้อยสายไฟที่เลือกใช้ขนาด 1/2 นิ้ว ร้อยสายไฟขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตรได้ 4 เส้นซึ่งจากการตรวจสอบการร้อยสายในท่อสำหรับระบบแสงสว่างพบว่าไม่มีส่วนใหนที่ต้องร้อยท่อเกิน 4 เส้น การออกแบบของวิศวกรจึงผ่านมาตรฐานทุกอย่าง

4.2 ผลการตรวจสอบระบบเต้ารับ

ปริมาณเต้ารับที่ต้องใช้ในแต่ละอาคารจะไม่มีรูปแบบที่ตายตัวขึ้นอยู่กับดุลพินิจของผู้ออกแบบและความต้องการของเจ้าของสถานที่ ดังนั้นจึงไม่มีมาตรฐานสำหรับการกำหนดจุดของเต้ารับ แต่จะเป็นมาตรฐานเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ผลิตเต้ารับโดยเต้ารับที่ใช้ต้องได้ตามมาตรฐาน มอก. และมีรูเสียบสายดินเพื่อเป็นการป้องกันอันตรายจากไฟฟ้ารั่ว โครงงานนี้จึงทำการตรวจสอบเกี่ยวกับอุปกรณ์ป้องกัน สายไฟ และท่อร้อยสายให้ถูกต้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า โดยมีการตรวจสอบดังนี้

วงจรย่อยที่ 1 เต้ารับ 4 จุด แต่ละจุดมีขนาด 180 โวลต์แอมป์

ขนาดโหลด $= 4\times180$

$= 720$ โวลต์แอมป์

ขนาดกระแส $I = \dfrac{\text{ขนาดโหลด}}{\text{แรงดัน}}$

$I = \dfrac{720}{220}$

$I = 3.2727$ แอมแปร์

ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน $\geq 1.25\times3.2727 = 4.0909$

ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันต้องเลือกขนาดที่สามารถป้องกันกระแสได้มากกว่าหรือเท่ากับ 4.0909 แอมแปร์ ในที่นี้วิศวกรได้เลือกขนาด 16AT / 32AF และขนาดของสายไฟที่เลือกใช้คือ THW 2×4 ตารางมิลลิเมตร ทนกระแสได้ 24 แอมแปร์ จากตาราง D และท่อร้อยสายที่เลือก EMT 1/2 นิ้ว จากตาราง E สำหรับวงจรย่อยที่ 2 ถึงวงจรย่อยที่ 7 สามารถคำนวนได้โดยวิธีเดียวกันข้างต้น หลังจากคำนวนแล้วสามารถสรุปผลการคำนวนได้ดังตารางที่ 4.4

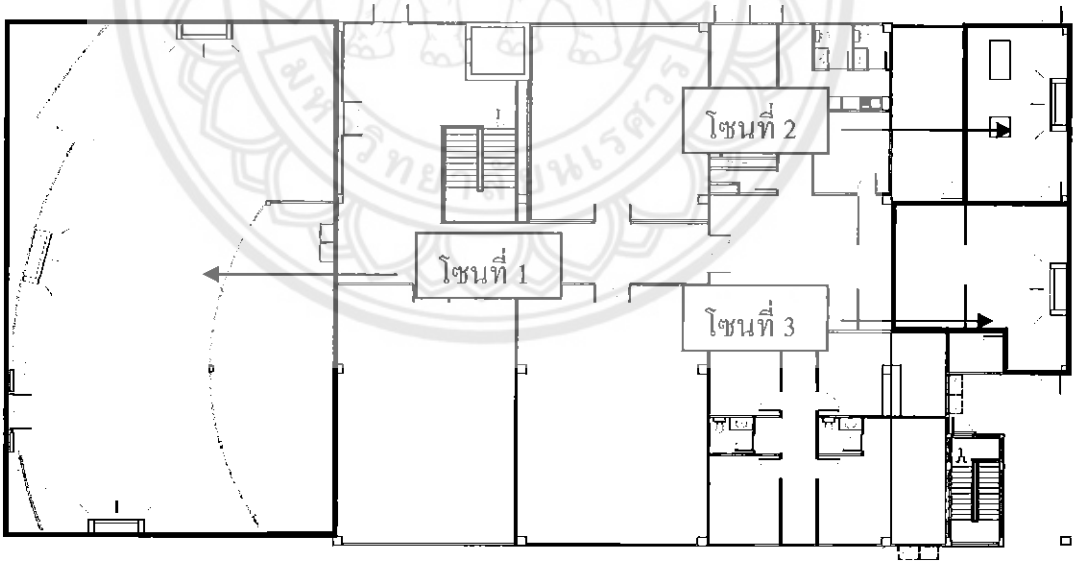
ตารางที่ 4.4 รายละเอียดวงจรย่อยของระบบเต้ารับ

วงจรย่อยที่	โหลด (โวลต์-แอมป์)	กระแส (แอมแปร์)	ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน	สายไฟ	ท่อร้อยสาย
1	720	4.0909	16AT / 32AF	THW 2×4 mm^2	EMT 1/2”
2	900	5.1136	16AT / 32AF	THW 2×4 mm^2	EMT 1/2”
3	1260	7.1591	16AT / 32AF	THW 2×4 mm^2	EMT 1/2”
4	720	4.0909	16AT / 32AF	THW 2×4 mm^2	EMT 1/2”
5	540	3.0681	16AT / 32AF	THW 2×4 mm^2	EMT 1/2”
6	360	2.0455	16AT / 32AF	THW 2×4 mm^2	EMT 1/2”

จากการตรวจสอบระบบเต้ารับองค์ประกอบต่างๆ ผ่านมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าหมดทุกอย่างแต่การที่เลือกสายไฟขนาด 4 ตารางมิลลิเมตร เป็นการเลือกที่เกินขนาดไปค่อนข้างมาก เพราะสามารถทนกระแสได้ถึง 24 แอมแปร์ แต่จากการที่คำนวณได้กระแสสูงสุดมีเพียง 7.1591 แอมแปร์ แต่หากคิดว่าเป็นการเผื่อโหลดในอนาคตนับว่าเป็นสิ่งที่ดี แต่ควรปรับอุปกรณ์ป้องกันเพิ่มขึ้นตามไปด้วยเป็น 20AT เพราะการที่ใช้อุปกรณ์ป้องกันขนาด 16AT ใช้กับสายขนาด 2.5 ตารางมิลลิเมตร ก็เพียงพอแล้ว

4.3 ผลการตรวจสอบระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบที่มีขนาดใหญ่ที่ติดตั้งอยู่ภายในอาคารต่างๆ เนื่องจากมีขนาดใหญ่จึงกินกระแสค่อนข้างมาก การเลือกอุปกรณ์ป้องกัน ขนาดสาย ขนาดท่อที่ใช้ต้องให้ความสำคัญอย่างมาก หากเลือกเล็กเกินไปก็จะทำให้อุปกรณ์ป้องกันตัดไฟบ่อย ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจสอบระบบปรับอากาศด้วย ก่อนที่เราจะทำการตรวจสอบอุปกรณ์ป้องกัน ขนาดสายไฟหรือขนาดท่อที่ใช้กับระบบปรับอากาศ เราจำเป็นต้องรู้ขนาดของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ภายในสำนักงานก่อน ซึ่งการคำนวณเพื่อหาขนาดเครื่องปรับอากาศสำหรับโครงงานนี้จะคำนวณโดยใช้วิธีอุณหภูมิเทียบเท่า (CLTC) โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้



รูปที่ 4.2 การแบ่งโซนระบบปรับอากาศ

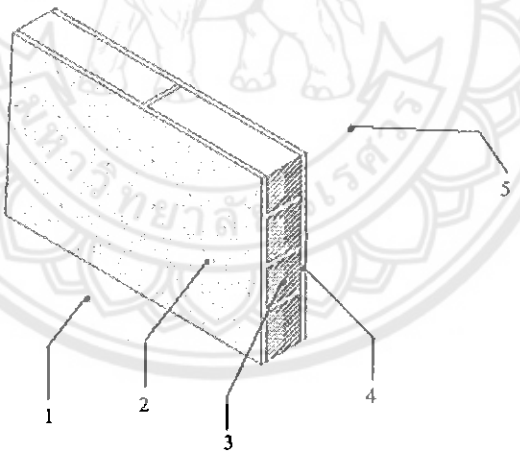
ในส่วนต่อเติมชั้น 4 สำนักงานอาคารหอสมุดแบ่งโซนที่ใช้ติดตั้งเครื่องปรับอากาศได้เป็น 3 โซน ดังรูปที่ 4.2 โดยโซนที่ 1 เป็นห้องสำนักงานมีพื้นที่ 240 ตารางเมตร โซนที่ 2 ห้องอาหารมี

พื้นที่ 36.9 ตารางเมตร และโซนที่ 3 ห้องเลขานุการ มีพื้นที่ 51.91 ตารางเมตร พื้นที่ทั้งหมดใช้การวัดโดยโปรแกรม AutoCAD และทุกโซนมีความสูง 2.9 เมตร

วิธีอุณหภูมิเทียบเท่าหรือซีแอลทีดีสำหรับโครงงานนี้จะใช้เพื่อตรวจสอบวิธีการคำนวณหาบีทียูต่อพื้นที่ ว่ามีความถูกต้องสามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาขนาดเครื่องปรับอากาศได้ โดยวิธีซีแอลทีดีนี้ได้รับรองโดยมาตรฐานของ ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)

โซนที่ 1 ห้องสำนักงาน

ห้องสำนักงานเป็นห้องขนาดใหญ่ที่มีขนาดกว้าง 10 เมตร ยาว 24 เมตร และมีจำนวนคนใช้งานโดยประมาณที่ 48 คน คิดจากจำนวนผู้ใช้ห้องโดยเฉลี่ยพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับพนักงาน 1 คนจะต้องไม่น้อยกว่า 5 ตารางเมตร [9] ในการคำนวณค่าภาระการทำความเย็นกำหนดให้โครงสร้างของกำแพงทั้ง 4 ด้านประกอบด้วยอิฐก้อนแดงและฉาบปูนทั้ง 2 ด้านของกำแพง ดังนั้นจะสามารถหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (The Overall Heat Transfer Coefficient (U)) ของกำแพงทั้ง 4 ด้านได้จากตาราง I โดยองค์ประกอบของกำแพงสามารถดูได้จากรูปที่ 4.3 องค์ประกอบของกำแพง



รูปที่ 4.3 องค์ประกอบของกำแพง

ที่มา: https://app.enit.kku.ac.th/mis/administrator/doc_upload/20110304203910.pdf

จากตาราง I สำหรับผนังทั้ง 4 ด้าน และจะสามารถหาค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อน (Resistance, R: (hr-ft^2-F)/Btu) ได้ดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนของกำแพง

หมายเลข	องค์ประกอบ	ค่าความต้านทาน
1	ผิวด้านนอก (Outside surface)	0.2500
2	ปูนซีเมนท์ (Cement mortar)	0.0787
3	อิฐก่อ (Face brick)	0.4400
4	ปูนซีเมนต์ (Cement mortar)	0.0787
5	ผิวด้านใน (Inside surface)	0.6800
รวม (R_{total})		1.5274

หลังจากหาค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนแล้วจะต้องทำการกลับค่าให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U โดยเป็นส่วนกลับของ R

จากสมการ $1/U = R_{total}$ ที่พื้นที่หน้าตัดเท่ากัน

ฉะนั้นค่า $U = 1/R_{total}$

$= 1/1.5274$

$= 0.6547$ Btu/hr.ft².F

ปริมาณความร้อนผ่านผนังปูนรวมทั้ง 4 ด้าน

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแล้วจะสามารถคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านผนังทั้ง 4 ด้านได้จากสมการ 3.2 โดยผนังทั้ง 4 ด้าน มีพื้นที่รวมกันเท่ากับ 214.7842 ตารางเมตร คิดเป็น 2,311.8942 ตารางฟุต อุณหภูมิภายนอกอาคาร 40°C หรือ 104°F อุณหภูมิภายในอาคาร 25.56°C หรือ 78°F

จาก $Q = U \times A \times CLTD$

$= U \times A \times (T_o - T_{room})$

$= 0.6547 \times 2{,}311.8942 \times (104 - 78)$

$= 39{,}353.5255$ บีทียูต่อชั่วโมง

ปริมาณความร้อนผ่านหลังคาและฝ้าเพดาน

เมื่อคำนวณปริมาณความม้อนผ่านผผนังทั้ง 4 ด้านแล้ว ปริมาณความร้อนที่ต้องคำนวณถัดมาคือปริมาณความร้อนผ่านหลังคาและฝ้าเพดาน โดยจากตาราง I สำหรับฝ้าเพดาน จะสามารถหาค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อน (Resistance, R: (hr-ft^2-F)/Btu) ได้ดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 แสดงค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนของหลังคาและฝ้าเพดาน

หมายเลข	องค์ประกอบ	ค่าความต้านทาน
1	ผิวด้านนอกอาคาร (Outside surface)	0.2500
2	กระเบื้องใยหิน (Asbestos–cement shingles)	0.2100
3	ช่องว่างเพดาน (Ceiling air space)	1.0000
4	ผิวด้านในอาคาร (Inside surface)	0.6800
	รวม (R_{total})	2.1400

หลังจากหาค่าความต้านทานการถ่ายเทความร้อนแล้วจะต้องทำการกลับค่าให้เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน U โดยเป็นส่วนกลับของ R

จากสมการ $1/U = R_{total}$

ฉะนั้นค่า $U = 1/R_{total}$

$= 1/2.14$

$= 0.4673$ Btu/hr.ft^2.F

เมื่อได้ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนแล้วจะสามารถคำนวณปริมาณการถ่ายเทความร้อนผ่านหลังคาและฝ้าเพดานได้จากสมการ 3.2 โดยเพดาน มีพื้นที่เท่ากับ 240 ตารางเมตร คิดเป็น 2583.336 ตารางฟุต อุณหภูมิภายนอกอาคาร 40°C หรือ 104°F อุณหภูมิภายในอาคาร 25.56°C หรือ 78°F

จาก $Q = U \times A \times CLTD$

$= U \times A \times (T_o - T_{room})$

$= 0.4673 \times 2{,}583.336 \times (104 - 78)$

$= 31{,}387.0157$ บีทียูต่อชั่วโมง

ปริมาณความร้อนสัมผัสที่เกิดจากผู้อยู่อาศัย

สำนักงานอาคารหอสมุด เป็นอาคารสำนักงานคิดตามที่นั่งในสำนักงานจำนวน 48 ที่นั่ง จากตาราง K อาคารสำนักงาน ปริมาณการไหลของอากาศมีค่าเท่ากับ 15 ซีเอฟเอ็มต่อคน และ จากตาราง L เป็นลักษณะสำนักงานขนาดกลาง (Moderately Active Office work) มีค่าเท่ากับ 250 บีทียูต่อชั่วโมง จะได้

$$Q = 48 \times 250 = 12{,}000 \quad \text{บีทียูต่อชั่วโมง}$$

ปริมาณภาระความร้อนจากอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า

ห้องสำนักงานมีปริมาณกำลังไฟฟ้าจากดวงโคมทั้งหมด 32 ดวงโคม แต่ละดวงโคมมีหลอดฟลูออเรสเซนต์ 2 หลอด แต่ละหลอดมีขนาด 38 วัตต์ ดังนั้นปริมาณกำลังไฟฟ้าของห้องสำนักงานทั้งหมดเท่ากับ 2,432 วัตต์ จากสมการ 3.10 จะได้

$$Q = \text{จำนวนวัตต์} \times 3.412$$
$$= 2{,}432 \times 3.412$$
$$= 8{,}297.984 \quad \text{บีทียูต่อชั่วโมง}$$

ความร้อนสัมผัสภายในห้อง (Room sensible heat)

ความร้อนสัมผัสภายในห้องเป็นผลรวมมาจาก ปริมาณความร้อนผ่านผนังปูน ปริมาณความร้อนผ่านหลังคาและฝ้าเพดาน ปริมาณความร้อนสัมผัสที่เกิดจากผู้อยู่อาศัย และปริมาณความร้อนจากอุปกรณ์หรือเครื่องใช้ไฟฟ้าเข้าด้วยกันดังนั้นจะได้

$$RSH = 39{,}353.5255 + 31{,}387.0157 + 12{,}000 + 8297.984$$
$$= 91{,}038.5252 \quad \text{บีทียูต่อชั่วโมง}$$

ความร้อนแฝงภายในห้อง (Room latent heat)

ความร้อนแฝงเป็นความร้อนที่เข้ามาในรูปของความชื้น ทำให้ความชื้นภายในห้องสูงขึ้นโดยที่อุณหภูมิไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมาจากผู้ใช้ภายในห้อง

$$Q = \text{person} \times (200 \text{ Btu/hr- person}) \text{ (จากตาราง L)}$$
$$= 48 \times 200$$
$$= 9{,}600 \quad \text{บีทียูต่อชั่วโมง}$$

ความร้อนสัมผัสจากอากาศ (Air sensible heat)

ความร้อนสัมผัสจากอากาศเกิดจากการที่ห้องมีอากาศรั่วไหลระหว่างภายในกับภายนอกห้องทำให้เกิดการถ่ายเทความร้อนขึ้นและอีกสาเหตุหนึ่งคือเกิดจากปริมาณความร้อนจากการระบายอากาศ

1. ปริมาณอากาศรั่ว (Infiltration)

ห้องสำนักงานมีปริมาตรห้อง 648 ลูกบาศก์เมตร หรือ 22,883.9256 ลูกบาศก์ฟุต ดังนั้นจะสามารถหาค่า CFM ได้ดังนี้

CFM = (ปริมาตรห้อง) × (G) , เมื่อค่า G มาจากตาราง M

= (22,883.9256)/60

= 381.3988 ซีเอฟเอ็ม

2. ปริมาณความร้อนจากการระบายอากาศ (Ventilation)

ห้องสำนักงานมีบุคคลใช้งานโดยประมาณ 48 คน จะสามารถหาค่า CFM ได้ดังนี้

CFM = คน × CFM / คน (จากที่กำหนดห้องเป็นสำนักงาน = 15 cfm/คน)

= 48 × 15 = 720 ซีเอฟเอ็ม

จากการเปรียบเทียบระหว่างปริมาณอากาศรั่วกับปริมาณความร้อนจากการระบายอากาศพบว่าปริมาณอากาศรั่วมีค่าน้อยกว่าปริมาณความร้อนจากการระบายอากาศดังนั้น ปริมาณอากาศภายนอกที่นำไปคิด คือ 720 ซีเอฟเอ็ม

ความร้อนสัมผัสที่เกิดจากการรั่วจากอากาศเข้ามาในห้อง

$$Q = 1.08 \times cfm \times (T_0 - T_{room})$$

$$= 1.08 \times 720 \times (104\text{-}78)$$

= 20,217.6 บีทียูต่อชั่วโมง

ดังนั้น ความร้อนสัมผัสจากอากาศมีค่าเท่ากับ 20,217.6 บีทียูต่อชั่วโมง

ปริมาณความร้อนแฝงจากอากาศภายนอก (Air Latent Heat)

อากากศรั่วไหลเข้าห้องคืออากาศจากภายนอกที่ไหลผ่านช่องระหว่างกรอบและบานหน้าต่างหรือประตูเข้ามาในห้อง โดยพิจารณาจากผลต่างระหว่างไอน้ำในอากาศภายนอกและภายในห้อง โดยที่ W_o คือปริมาณไอน้ำภายนอกและ W_{room} คือปริมาณไอน้ำภายในห้อง

เมื่อ W_o = 218.1 grian/lb. (d.a)

W_{room} = 71.8 grian/lb.dry air (ได้จาก Psychrometric chart)

จะได้ $QL = 0.68 \times cfm \times (W_O - W_{room})$

$QL = 0.68 \times 720 \times (218.1 - 71.8)$

QL = 71,628.48 บีทียูต่อชั่วโมง

ดังนั้น ปริมาณความร้อนแฝงจากอากาศภายนอกมีค่าเท่ากับ 71,628.48 บีทียูต่อชั่วโมง

หลังจากคำนวนภาระความร้อนจากแหล่งต่างๆ อันได้แก่ ความร้อนสัมผัสภายในห้อง ความร้อนแฝงภายในห้อง ความร้อนสัมผัสจากอากาศและความร้อนแฝงจากอากาศภายนอกแล้ว สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 รวมปริมาณภาระความร้อนของห้องสำนักงาน

แหล่งความร้อน	ปริมาณการถ่ายเทความร้อน (บีทียูต่อชั่วโมง)
ความร้อนสัมผัสภายในห้อง (Room sensible heat)	91,038.5252
ความร้อนแฝงภายในห้อง (Room latent heat)	9,600.0000
ความร้อนสัมผัสจากอากาศ (Air sensible heat)	20,217.6000
ความร้อนแฝงจากอากาศภายนอก (Air Latent Heat)	71,628.4800
รวม	192,484.6052

สำหรับโซนที่ 2 และโซนที่ 3 เมื่อคำนวนโดยวิธีเดียวกันดังกล่าวข้างต้นจะสามารถสรุปออกมาได้ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 สรุปภาระการทำความเย็น

โซนที่	ประเภท	พื้นที่ (ตารางเมตร)	ภาระการทำความเย็น (บีทียูต่อชั่วโมง)
1	ห้องสำนักงาน	240	192,484.6052
2	ห้องอาหาร	36.9	38,785.6785
3	ห้องเลขานุการ	46.41	49,791.4822

จากตารางที่ 4.8 สามารถเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศที่จำเป็นต้องใช้ภายในสำนักงาน โดยเลือกจากเครื่องปรับอากาศที่มีขายตามท้องตลาด สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 ขนาดเครื่องปรับอากาศที่เลือกใช้

โซนที่	ประเภท	จำนวน (เครื่อง)	ขนาดเครื่องปรับอากาศ (บีทียูต่อชั่วโมง)
1	ห้องสำนักงาน	3	65,000
2	ห้องอาหาร	1	40,000
3	ห้องเลขานุการ	1	50,000

เมื่อทำการเปรียบเทียบกันระหว่างที่วิศวกรได้ออกแบบไว้กับที่ผู้จัดทำโครงงานได้ทำการตรวจสอบสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบ

ตารางที่ 4.10 เปรียบเทียบขนาดภาระการทำความเย็น

โซนที่	ประเภท	ขนาดภาระการทำความเย็นจากแบบแปลนเดิม (บีทียูต่อชั่วโมง)	ขนาดภาระการทำความเย็นที่ออกแบบได้ (บีทียูต่อชั่วโมง)
1	ห้องสำนักงาน	120,000	195,000
2	ห้องอาหาร	20,000	40,000
3	ห้องเลขานุการ	40,000	50,000

จากตารางที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าขนาดภาระการทำความเย็นของวิศวกรกับของผู้จัดทำโครงงานบางโซนมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก เช่น โซนที่ 2 ซึ่งมีความแตกต่างกันถึง 2 เท่า ซึ่งอาจเป็นสาเหตุมาจากวิศวกรได้ออกแบบจากการใช้ประสบการณใช้ตัวเลขคร่าวๆ ในการประมาณขนาดภาระการทำความเย็นซึ่งสำหรับผู้จัดทำโครงงานนั้นได้ออกแบบตามความเป็นจริงของอาคารใช้วิธีการออกแบบที่ได้มาตรฐาน

หลังจากเลือกขนาดเครื่องปรับอากาศได้แล้วขั้นตอนต่อไปคือการคำนวณหาขนาดอุปกรณ์ป้องกัน สายไฟและท่อร้อยสายที่ต้องใช้ในแต่ละวงจร โดยเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่องให้จัดเป็น 1 วงจรย่อยเนื่องจากเครื่องปรับอากาศมีขนาดใหญ่ไม่ควรรวมเครื่องปรับอากาศหลายๆ

เครื่องไว้ด้วยกัน สามารถจัดวงจรย่อยโดยโซนที่ 1 มีวงจรย่อยที่ 1-3 โซนที่ 2 และโซนที่ 3 ให้เป็นวงจรย่อยที่ 4 และ 5 ตามลำดับ โดยมีการคำนวณดังนี้

วงจรย่อยที่ 1

ใช้เครื่องปรับอากาศขนาด 65,000 บีทียู โดยที่ 12,000 บีทียู มีโหลดขนาด 1,500 โวลต์แอมป์ จากตาราง G ดังนั้นเครื่องปรับอากาศขนาด 65,000 บีทียู หาขนาดโหลดได้จาก

$$\text{ขนาดโหลด} = \frac{65,000}{12,000}\times 1,500$$

$$= 8,125 \text{ โวลต์แอมป์}$$

$$\text{ขนาดกระแส} \quad I = \frac{\text{ขนาดโหลด}}{\text{แรงดัน}}$$

$$= \frac{8,125}{\sqrt{3}\times 380}$$

$$= 12.345 \text{ แอมแปร์}$$

ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน $\geq 1.25\times 12.345 = 15.4313$

ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันต้องเลือกขนาดที่สามารถป้องกันกระแสได้มากกว่าหรือเท่ากับ 15.4313 A ในที่นี้วิศวกรได้เลือกขนาด 40AT / 100AF และขนาดของสายไฟที่เลือกใช้คือ THW 4×10 mm^2 ทนกระแส 43 A จากตาราง D และท่อร้อยสายที่เลือก IMC 1-1/4" จากตาราง E

สำหรับวงจรย่อยที่ 2 ถึงวงจรย่อยที่ 5 สามารถคำนวนได้ดังวงจรย่อยที่ 1 หลังจากคำนวนแล้วสามรถสรุปได้ดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 รายละเอียดวงจรย่อยของระบบปรับอากาศ

วงจรย่อยที่	โหลด (VA)	กระแสพิกัด(A)	ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน	สายไฟ	ท่อร้อยสาย
1	8125	15.4313	40AT / 100AF	THW 4×10 mm^2	IMC 1-1/4"
2	8125	15.4313	40AT / 100AF	THW 4×10 mm^2	IMC 1-1/4"
3	8125	15.4313	40AT / 100AF	THW 4×10 mm^2	IMC 1-1/4"
4	5000	9.4959	40AT / 100AF	THW 4×10 mm^2	IMC 1-1/4"
5	6250	11.8699	40AT / 100AF	THW 4×10 mm^2	IMC 1-1/4"

จากการตรวจสอบระบบปรับอากาศแล้วจะเห็นได้ว่าขนาดของอุปกรณ์ป้องกันรวมถึงขนาดสายไฟนั้นขนาดค่อนข้างใหญ่พอสมควรโดยกระแสสูงสุดที่คำนวณได้มีเพียง 14.3428 A และสายไฟขนาด 10 mm^2 สามารถทนกระแสได้ถึง 43 A ซึ่งผ่านเกณฑ์ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับการเลือกขนาดอุปกรณ์ป้องกันและสายไฟที่มากแบบนี้อาจเป็นการเผื่อโหลดในอนาคตที่สามารถเพิ่มขนาดเครื่องปรับอากาศได้ภายหลังโดยไม่ต้องรื้อสายไฟเส้นเก่าแล้วติดตั้ง

ใหม่ทำให้เสียเวลาและงบประมาณเพิ่มขึ้นอีก การเลือกขนาดสายไฟและอุปกรณ์ป้องกันขนาดใหญ่ตั้งแต่แรกจึงถือเป็นเรื่องที่ดี

เมื่อเราทราบขนาดโหลดทั้งหมดที่ใช้ภายในสำนักงานแล้วขั้นสุดท้ายคือการหาขนาดของอุปกรณ์ป้องกันหลักที่ทำหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์ทุกอย่างภายในตู้โหลด เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่ป้อนกระแสให้แก่อุปกรณ์ป้องกันแต่ละตัว ดังนั้นการหาขนาดของอุปกรณ์ป้องกันหลักนี้จึงต้องใช้ขนาดโหลดทั้งหมดที่เชื่อมอยู่ นั่นก็คือโหลดของระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ และระบบปรับอากาศรวมกัน โดยมีวิธีการคำนวณดังนี้

โหลดทั้งหมด = โหลดแสงสว่าง + โหลดเต้ารับ + โหลดปรับอากาศ

$= 7{,}080 + 4{,}500 + 35{,}625$

$= 47{,}205$ โวลต์แอมป์

กระแส $= \frac{47{,}205}{\sqrt{3}\times 380} = 71.7206$ แอมแปร์

ขนาดอุปกรณ์ป้องกัน $\geq 1.25 \times 71.7206 = 89.6508$

ขนาดของอุปกรณ์ป้องกันต้องเลือกขนาดที่สามารถป้องกันกระแสได้มากกว่าหรือเท่ากับ 89.6508 แอมแปร์ ในที่นี้วิศวกรได้เลือกขนาด 100AT / 100AF และขนาดของสายไฟที่เลือกใช้คือ สาย THW 4×50 mm^2 ทนกระแส 119 แอมแปร์ จากตาราง D และท่อร้อยสายที่เลือก IMC 2" จากตาราง E อยู่ในภาคผนวก ก.

หลังจากทำการตรวจสอบระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ และระบบปรับอากาศแล้ว สามารถสรุปโหลดทั้งหมด 3 ระบบลงตารางโหลด [10] ได้ดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงตารางโหลด

LOAD SCHEDULE

PANEL NAME : LC4/2

LOCATION : 4st FLOOR (ZONE RENOVATE)

3PHASE 4WIRES, SN 240/415VOLTS

100 MP MAINS LUGS

ALL BRANCH CIRCUIT BREAKER SHELL HAVE

5 KAIC. AT 240/415VOLTS

SURFACE MOUNTED (30 SLOTS)

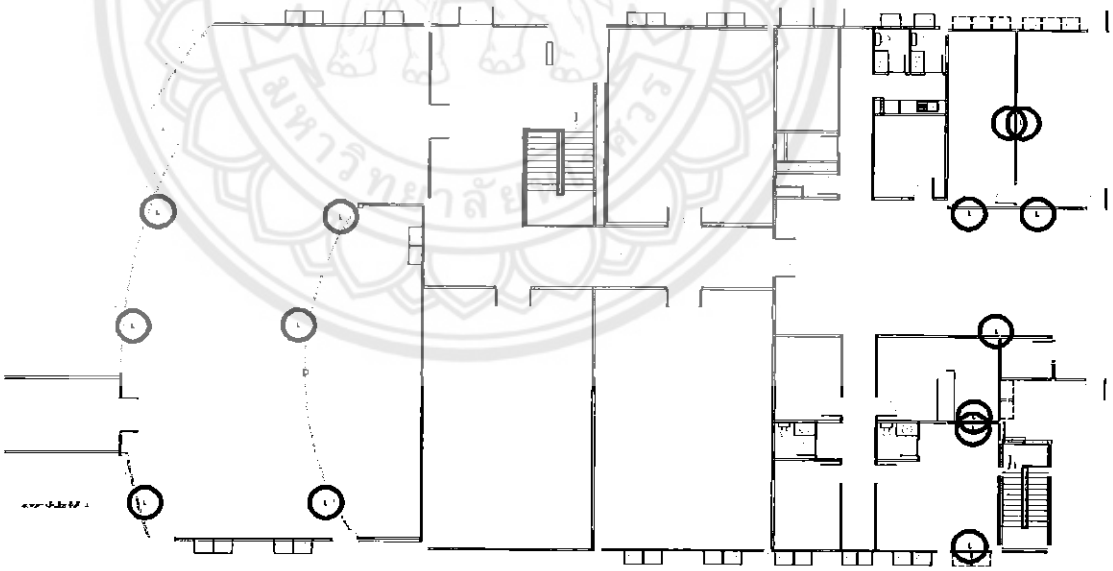
CKT NO.	DESCRIPTION	LOAD IN VA			CB.			CONDUCTOR	CONDUIT	
		A	B	C	POLE	AT	AF		DIA.	TYPE
1	LIGHTING #1	1,080			1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
3	LIGHTING #2		720		1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
5	LIGHTING #3			1,080	1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
7	LIGHTING #4	840			1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
9	LIGHTING #5		480		1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
11	LIGHTING #6			960	1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
13	LIGHTING #7	1,080			1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
15	LIGHTING #8		840		1	16	32	THW 2×2.5 , 1×1.5(G)	1/2"	EMT
17	AIR CONDITION #1	2,708	2,708	2,709	3	40	100	THW 4×10 , 1×4(G)	1-1/4"	IMC
19	AIR CONDITION #2	2,708	2,709	2,708	3	40	100	THW 4×10 , 1×4G)	1-1/4"	IMC
21	SPARE				1	16	32			
23	SPARE				1	16	32			
25										
27										
29										
2	RECEPTACLE #1	720			1	16	32	THW 2×4 , 1×2.5(G)	1/2"	EMT
4	RECEPTACLE #2		900		1	16	32	THW 2×4 , 1×2.5(G)	1/2"	EMT
6	RECEPTACLE #3			1,260	1	16	32	THW 2×4 , 1×2.5(G)	1/2"	EMT
8	RECEPTACLE #4		720		1	16	32	THW 2×4 , 1×2.5(G)	1/2"	EMT
10	AIR CONDITION #3	2,709	2,708	2,708	3	40	100	THW 4×10 , 1×4(G)	1-1/4"	IMC
12	AIR CONDITION #4	1,666	1,667	1,667	3	40	100	THW 4×10 , 1×4(G)	1-1/4"	IMC
14	AIR CONDITION #5	2,084	2,083	2,083	3	40	100	THW 4×10 , 1×4(G)	1-1/4"	IMC
16	SPARE				1	16	32			
18	SPARE				1	16	32			
20										
22										
24										
26										
28	EMERGENCY LIGHTING #1		540		1	16	32	THW 2×4 , 1×2.5(G)	1/2"	EMT
30	EMERGENCY LIGHTING #2			360	1	16	32	THW 2×4 , 1×2.5(G)	1/2"	EMT
CONNECTED LOAD		15,595	16,075	15,535	MAIN CB.			FEEDER : THW 4×50 , 1×16(G)		
TOTAL CONNECTED LOAD		47,205			3	100	100	CONNECT TO : A/C		
DEMAND FACTOR		1.00			IC ≥ 36 KA.			CONDUIT / RCEWAY : Ø 2" IMC		
DEMAND LOAD		47,205			AT 415 V.					

4.4 ผลการตรวจสอบระบบเครือข่าย

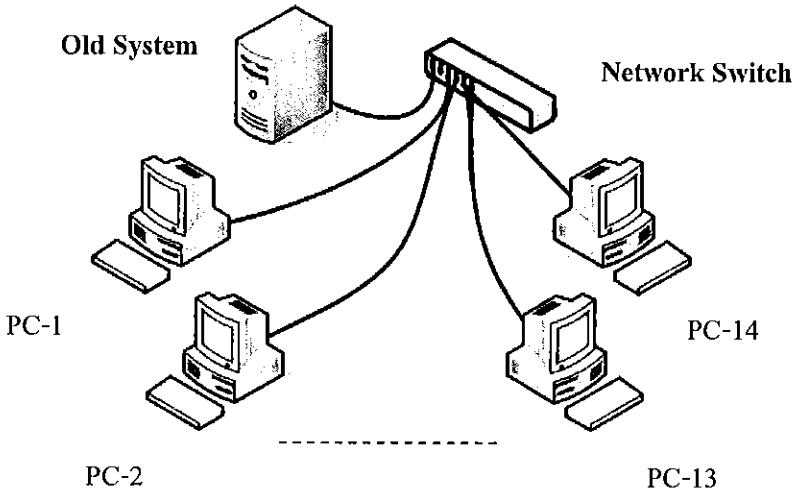
ในการออกแบบระบบเครือข่ายให้ได้ตรงกับความต้องการและสอดคล้องกับธุรกิจจะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับองค์กรให้ได้มากที่สุด เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับรูปแบบธุรกิจ โครงสร้างขององค์กร กระบวนการในการทำงาน มีการไหลของข้อมูลอย่างไร เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ออกแบบระบบต่อไป

ในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดเป็นพื้นที่สำหรับการทำงานของบุคลากรเป็นส่วนใหญ่ ประกอบไปด้วยห้องสำนักงาน ห้องผู้อำนวยการ ห้องรองผู้อำนวยการ ห้องเลขานุการ และห้องรับประทานอาหาร สำหรับโครงการส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดนั้นมีระบบเครือข่ายเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันอยู่แล้ว ในส่วนของอาคารที่เพิ่มขึ้นมาจึงไม่จำเป็นต้องออกแบบระบบเครือข่ายใหม่ เพียงเพิ่มอุปกรณ์สวิตช์เพื่อรองรับการใช้งานของบุคลากรที่เพิ่มขึ้น

ลักษณะการวางตำแหน่งของจุดเสียบสายอินเตอร์เน็ต จากแบบระบบเครือข่ายที่ได้รับมาจากผู้ออกแบบมีจุดเสียบสายอินเตอร์เน็ตทั้งหมด 14 จุด (รูปที่ 4.4) จากตาราง BOQ ของระบบเครือข่ายผู้ออกแบบใช้สายสัญญาณเคเบิลตีเกลียว CAT5e ซึ่งโดยทั่วไปแล้วระยะของสายที่ใช้เดินนับจาก SWITCH ไปยังเครื่อง USER นั้น ระยะไม่เกิน 100 เมตร



รูปที่ 4.4 ตำแหน่งการวางจุดเสียบสายอินเตอร์เน็ต



รูปที่ 4.5 ลักษณะของระบบเครือข่าย

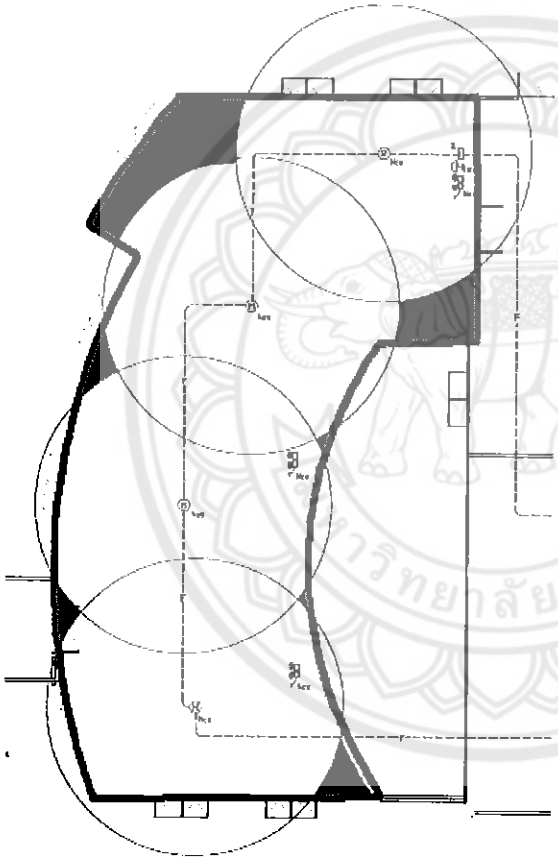
ลักษณะของระบบเครือข่ายในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของสำนักงานอาคารหอสมุดนั้นคือการนำสวิตช์ต่อเพิ่มเข้าไปในระบบเดิมทำให้สามารถรองรับจำนวนผู้ใช้งานได้เพิ่มมากขึ้นตามจำนวนช่องสัญญาณของสวิตช์ที่เลือกใช้งาน (รูปที่ 4.5) จากการตรวจสอบในแบบแปลนระบบเครือข่ายกับรายละเอียดในใบราคาพบว่า ในใบราคามีการสั่งซื้อจุดเชื่อมอินเตอร์เน็ต 32 จุด แต่ในแบบแปลนระบบเครือข่ายจากการนับจุดแล้วมีเพียง 14 จุด ที่เป็นเช่นนั้นเพราะเกิดจากความต้องการของผู้ใช้งาน ที่คาดว่าอาจจะไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ผู้ออกแบบจึงได้มีการลงจุดเชื่อมอินเตอร์เน็ตเพิ่มเป็น 32 จุด

สำหรับสายอินเตอร์เน็ตที่เลือกใช้ในส่วนต่อเติมชั้น 4 นั้นใช้สายแลนเบิลตีเกลียวถูกต้องตามมาตรฐาน IEEE802.3 เป็นสายประเภท Twisted-Pair ใช้เชื่อมโยงระหว่างคอมพิวเตอร์กับฮับหรือสวิตช์ แต่เดิมนั้นใช้สาย UTP (Unshielded twisted pair)ชนิด CAT3 หรือ CAT4 มีความเร็ว 10 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อได้รับการพัฒนาให้มีความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที จึงต้องใช้สาย UTP ชนิด CAT5 หรือ CAT5e และฮับหรือสวิตช์จะต้องรองรับความเร็ว 100 เมกะบิตต่อวินาที ระบบเครือข่ายแลนในปัจจุบันจะใช้มาตรฐานนี้เป็นหลัก เราเรียกมาตรฐานที่ใช้สาย UTP นี้ว่า 10BaseT, 100BaseTX (T ใช้สาย UTP CAT3 ส่วน TX ใช้สาย UTP CAT5) ส่วนสาย UTP จะมีความยาวจากฮับหรือสวิตช์มายังคอมพิวเตอร์ ไม่เกินเส้นละ 100 เมตร

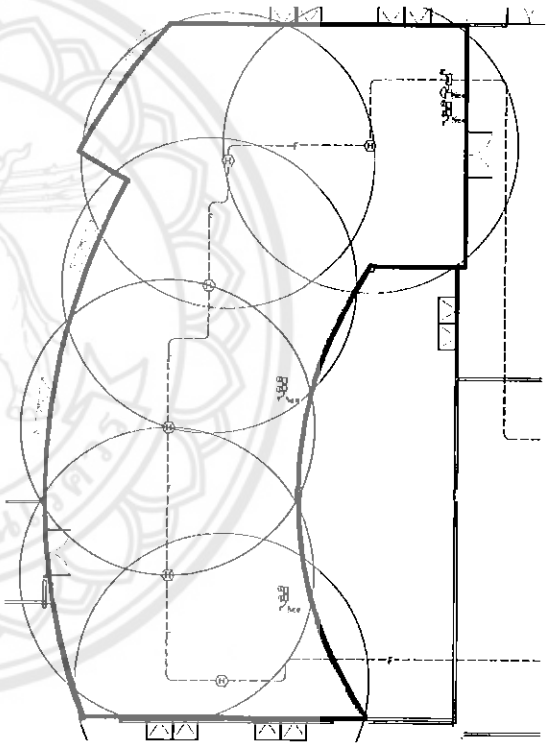
4.5 ผลการตรวจสอบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับในส่วนต่อเติมอาคารสำนักงานชั้น 4 หอสมุดนั้นเนื่องจากอาคารเดิมมีระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้อยู่แล้ว จึงทำการเพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับควันและความร้อนเพิ่มโดยเชื่อมต่อกับระบบเก่า ดังนั้นในส่วนอาคารต่อเติมนั้นไม่จำเป็นต้องออกแบบระบบใหม่เพียงเพิ่มอุปกรณ์ให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ภายในอาคารเท่านั้น

จากการตรวจสอบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ในส่วนต่อเติมชั้น 4 สำนักหอสมุด ห้องแรกที่นำมาตรวจสอบคือห้องสำนักงาน ตามมาตรฐานแจ้งเหตุเพลิงไหม้ระบุไว้ว่า "ต้องติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับบนเพดานให้มีระยะรัศมีจากจุดใดๆ บนเพดานถึงอุปกรณ์ตรวจจับตัวที่ใกล้ที่สุดต้องไม่เกิน 5.10 เมตร และระยะห่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับไม่เกิน 7.20 เมตร" หมายความว่าอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนมีรัศมีในการตรวจจับไม่เกิน 5.10 เมตร เมื่อทำการสร้างรัศมีในการตรวจจับแล้วจะเห็นได้ว่า อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนที่ได้ทำการออกแบบไว้นั้นไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ภายในห้องคิดเป็น 8.32% ของทั้งหมด ดังจะเห็นได้จากรูปที่ 4.6 พื้นที่สีแดงคือพื้นที่ที่ไม่ได้รับการป้องกันตามมาตรฐานแจ้งเหตุเพลิงไหม้



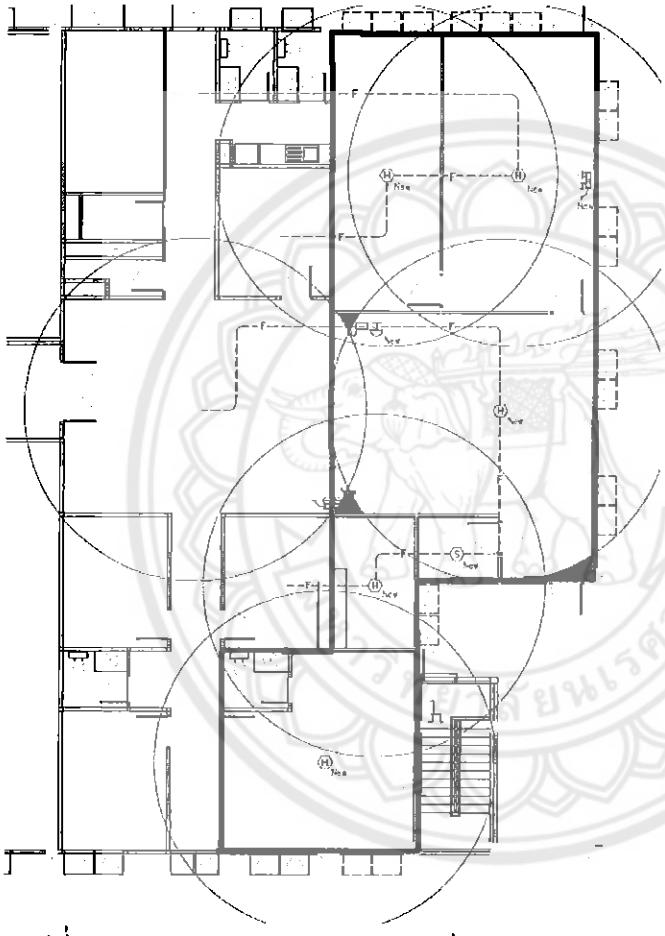
รูปที่ 4.6 รัศมีของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนห้องสำนักงาน



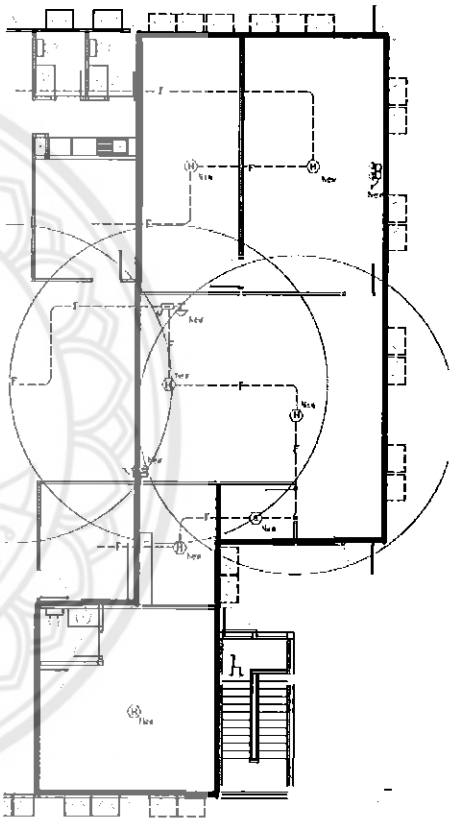
รูปที่ 4.7 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับหลังการปรับปรุง

หลังจากตรวจสอบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้และพบว่ามีบริเวณที่ไม่ถูกครอบคลุมโดยอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนแล้วจึงได้ทำการปรับปรุงระบบเพลิงไหม้ดังกล่าวให้สามารถตรวจจับความร้อนได้ครอบคลุมทุกบริเวณภายในห้องโดยเพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับเข้าไปอีก 2 ตัวจากเดิมมี 4 ตัว รวมทั้งหมดเป็น 6 ตัว จากนั้นทำการปรับตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์ตรวจจับเพื่อให้มีรัศมีครอบคลุมทุกบริเวณภายในห้องดังรูปที่ 4.7

ลำดับถัดมาเป็นการตรวจสอบอาคารด้านฝั่งขวาซึ่งประกอบไปด้วยหลายห้อง จากการตรวจสอบพบว่ามีบางบริเวณที่ไม่ได้อยู่ในขอบเขตของการตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อน ดังรูปที่ 4.8 โดยในการตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับนั้นสามารถตรวจจับได้เฉพาะภายในห้องโดยมีกำแพงเป็นตัวแบ่ง หรือหากมีผนังกั้นหรือชั้นวางของโดยสูงห่างจากเพดานไม่เกิน 300 มิลลิเมตร ให้ถือว่าเป็นห้อง แม้จากในรูปรัศมีตรวจจับจะขยายออกไปนอกแต่ไม่สามารถตรวจจับความร้อนของบริเวณพื้นที่นอกห้องได้โดยคิดเป็น 9.6% ของพื้นที่ห้องเลขานุการ



รูปที่ 4.8 รัศมีการตรวจจับของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนของอาคารฝั่งขวา



รูปที่ 4.9 ตำแหน่งอุปกรณ์ตรวจจับหลังการปรับปรุงของอาคารฝั่งขวา

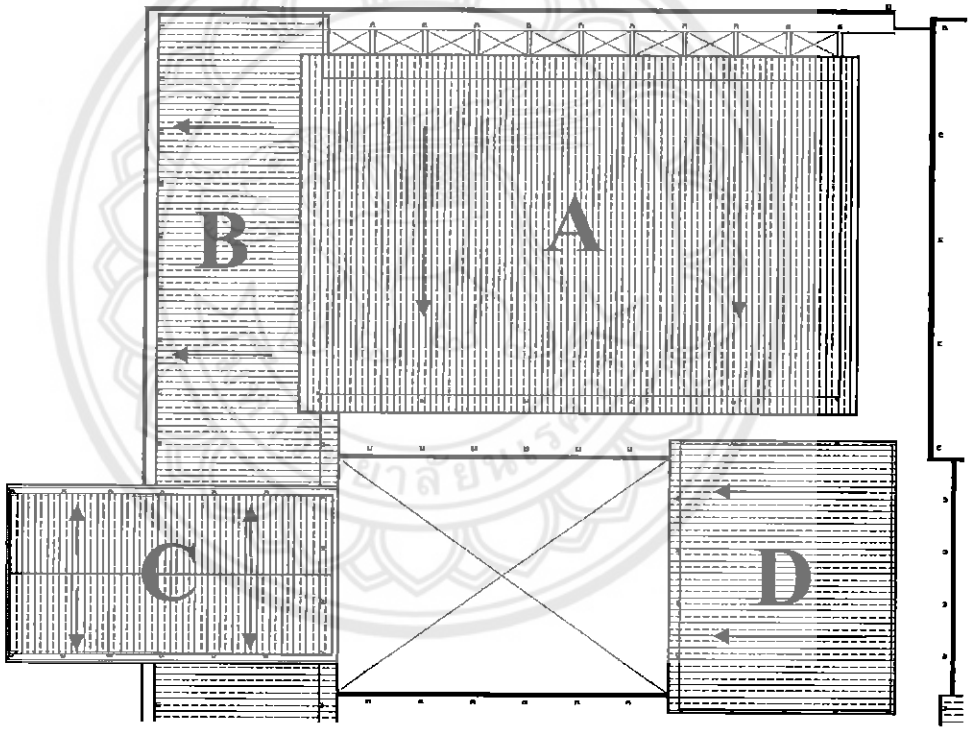
หลังจากทำการตรวจสอบระบบเพลิงไหม้อาคารฝั่งขวา พบบริเวณที่ไม่ได้อยู่ในอาณาเขตของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนใดๆเลย ที่ห้องเลขานุการ จงได้ทำการปรับปรุงแก้ไขโดยการเพิ่มอุปกรณ์ตรวจจับเข้าไปอีก 1 ตัว และจัดตำแหน่งใหม่ทำให้ได้ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ที่สามารถตรวจจับความร้อนได้ทุกจุดภายในอาคารสำนักงานดังรูปที่ 4.9

จากการตรวจสอบและปรับปรุงระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สามารถสรุปได้ว่า ระบบเก่าใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทั้งหมด 9 ตัว อุปกรณ์ตรวจจับควัน 1ตัว และใช้สายไฟรวมทั้งหมด

81 เมตร ภายหลังได้รับการปรับปรุงแล้วพบว่า ใช้อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนทั้งหมด 12 ตัว อุปกรณ์ตรวจจับควัน 1 ตัว และใช้สายไฟทั้งหมด 82 เมตร จะเห็นได้ว่าจำนวนอุปกรณ์ของระบบเก่าและระบบใหม่แตกต่างกันไม่มากนัก แต่ผลลัพท์ที่ได้ระบบใหม่สามารถตรวจจับความร้อนจากการเกิดเพลลิงไหม้ได้ครอบคลุมมากกว่า

4.6 ผลการตรวจสอบระบบป้องกันฟ้าผ่า

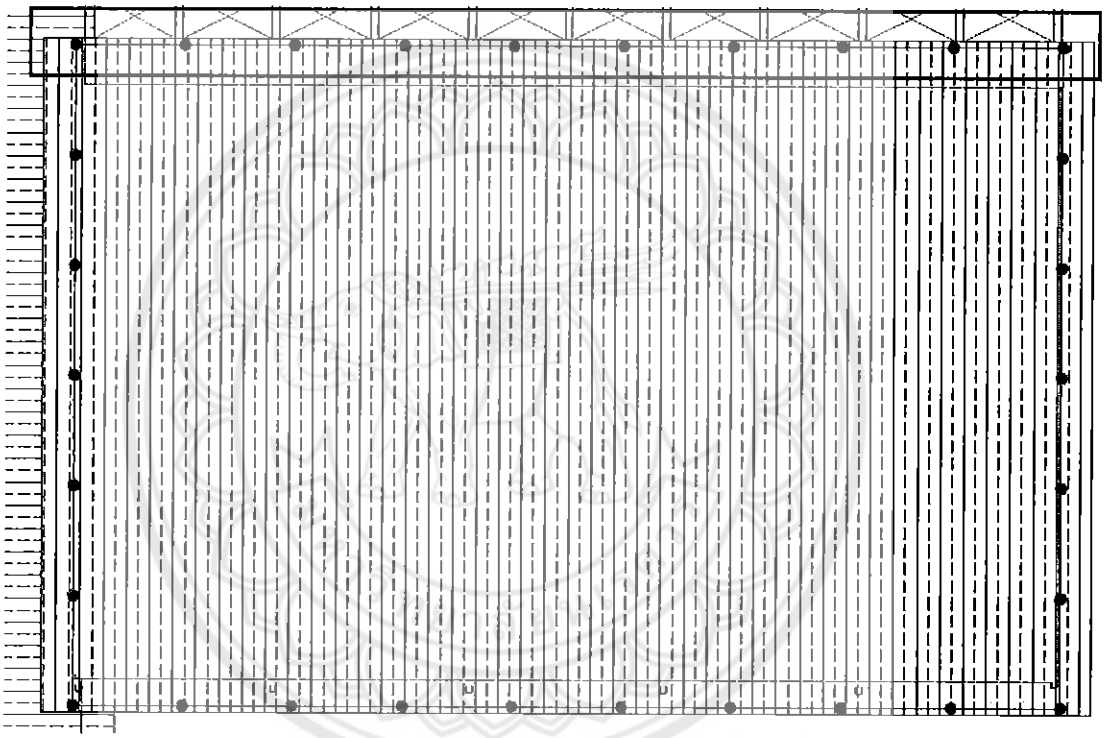
เนื่องจากชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดจะศึกษาเพียงแค่ระบบตัวนำล่อฟ้าเพียงระบบเดียวเท่านั้นจึงต้องใช้อาคารอเนกประสงค์ในการตรวจสอบ เพื่อให้ตรวจสอบการออกแบบได้ครบองค์ประกอบของระบบป้องกันฟ้าผ่า ซึ่งลักษณะของอาคารอเนกประสงค์เมื่อมองจากมุมมองด้านบนสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 แบบแปลนหลังคา

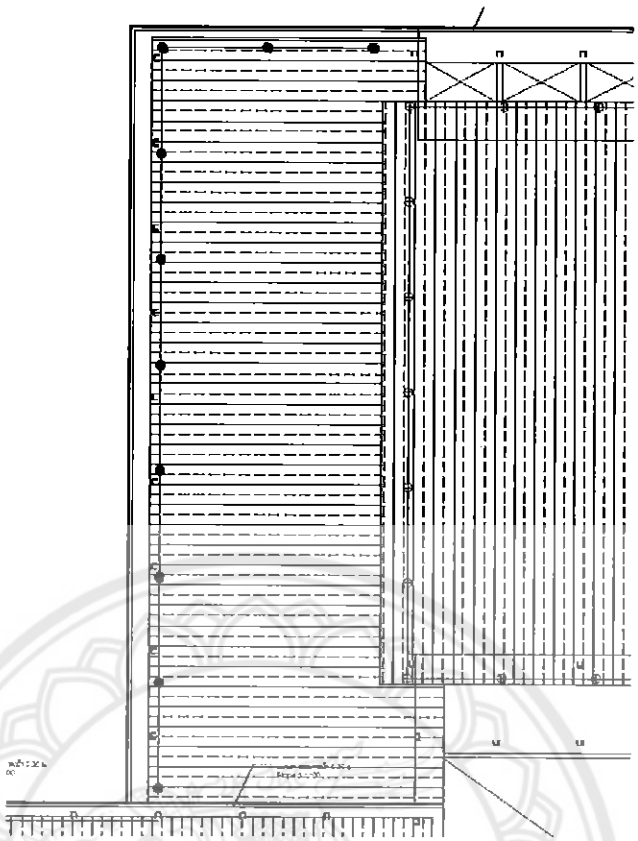
จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่าอาคารอเนกประสงค์ประกอบไปด้วยส่วนที่มีหลังคาปกคลุม 4 ส่วน โดยที่หลังคา A มีขนาดกว้าง 55 เมตร ยาว 86 เมตร หลังคา B ขนาดกว้าง 26 เมตร ยาว 72 เมตร หลังคา C ขนาดกว้าง 24 เมตร ยาว 49 เมตร เป็นแบบทรงหน้าจั่ว และหลังคา D ขนาดกว้าง 35 เมตร ยาว 42 เมตร ซึ่งหลังคาทุกส่วนมีความลาดเอียง 5 องศา

พิจารณาหลังคา A ขนาดกว้าง 55 เมตร ยาว 86 เมตร เลือกใช้ระบบตัวนำล่อฟ้าที่มีการวางตำแหน่งล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์ ที่ระดับการป้องกันระดับ 2 ซึ่งขนาดของกรงไม่เกิน 10 × 10 เมตร เลือกขนาดกรงที่จะใช้ในการติดตั้งขนาด 9 × 9 เมตรซึ่งไม่เกินขนาดตามมาตรฐานกำหนด เนื่องจากขนาดกรงที่เล็กกว่าย่อมป้องกันฟ้าผ่าได้มากกว่า และหากขนาดของกรงเล็กเกินไปจะทำให้ดูไม่สวยงามซึ่งสามารถดูได้ดังรูปที่ 4.11 โดยแท่งตัวนำล่อฟ้าแสดงด้วยจุดสีแดง ซึ่งแท่งตัวนำล่อฟ้าที่อยู่ในกรอบสีฟ้ายาว 2 เมตร เนื่องจากเป็นส่วนที่สูงที่สุดของหลังคา แท่งตัวนำที่เหลือยาว 1 เมตร เพื่อรองรับลำฟ้าผ่าที่ไม่ได้ผ่าลงที่แท่งตัวนำที่อยู่ในกรอบสีฟ้า ใช้แท่งตัวนำขนาด 2 เมตร จำนวน 10 แท่ง และแท่งตัวนำขนาด 1 เมตร จำนวน 20 แท่ง



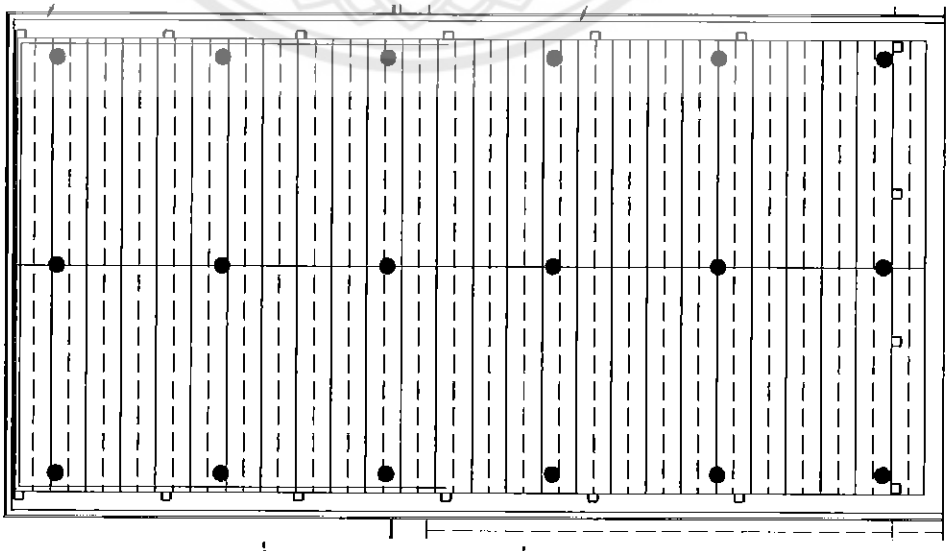
รูปที่ 4.11 หลังคา A หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า

พิจารณาหลังคา B ขนาดกว้าง 26 เมตร ยาว 72 เมตร เนื่องจากหลังคา B อยู่ต่ำกว่าหลังคา A และหลังคา C ดังนั้นส่วนที่อยู่ติดหลังคา A และหลังคา C ไม่จำเป็นต้องติดตั้งแท่งตัวนำล่อฟ้าก็ได้ ดังนั้นจึงเลือกตำแหน่งการติดตั้งแท่งตัวนำล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์ขนาด 10 × 10 เมตร โดยแท่งตัวนำมีความยาว 1 เมตร แสดงได้ดังรูปที่ 4.12 แท่งตัวนำขนาด 1 เมตร จำนวน 10 แท่ง



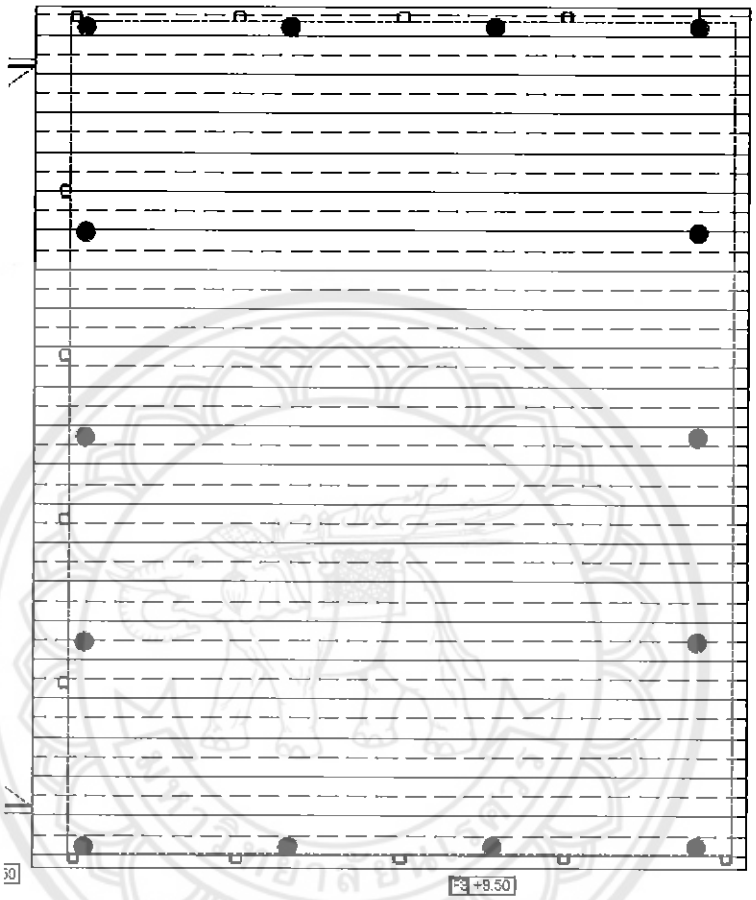
รูปที่ 4.12 หลังคา B หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า

พิจารณาหลังคา C ขนาดกว้าง 24 เมตร ยาว 49 เมตร เป็นหลังคาทรงหน้าจั่วที่แต่ละด้านมีความลาดเอียง 5 องศา เลือกใช้การจัดวางตำแหน่งแท่งตัวนำล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์ที่ระดับ 2 ขนาด 9 × 9 เมตร โดยแท่งตัวนำล่อฟ้ายาว 1 เมตร จำนวน 18 แท่ง แสดงได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 หลังคา C หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า

พิจารณาหลังคา D ขนาดกว้าง 35 เมตร ยาว 42 เมตร เลือกใช้การจัดวางตำแหน่งตัวนำล่อฟ้าแบบกรงฟาราเดย์ที่ระดับ 2 ขนาด 10 × 10 เมตร ดังรูปที่ 4.14 โดยแท่งตัวนำล่อฟ้ายาว 1 เมตร จำนวน 14 แท่ง

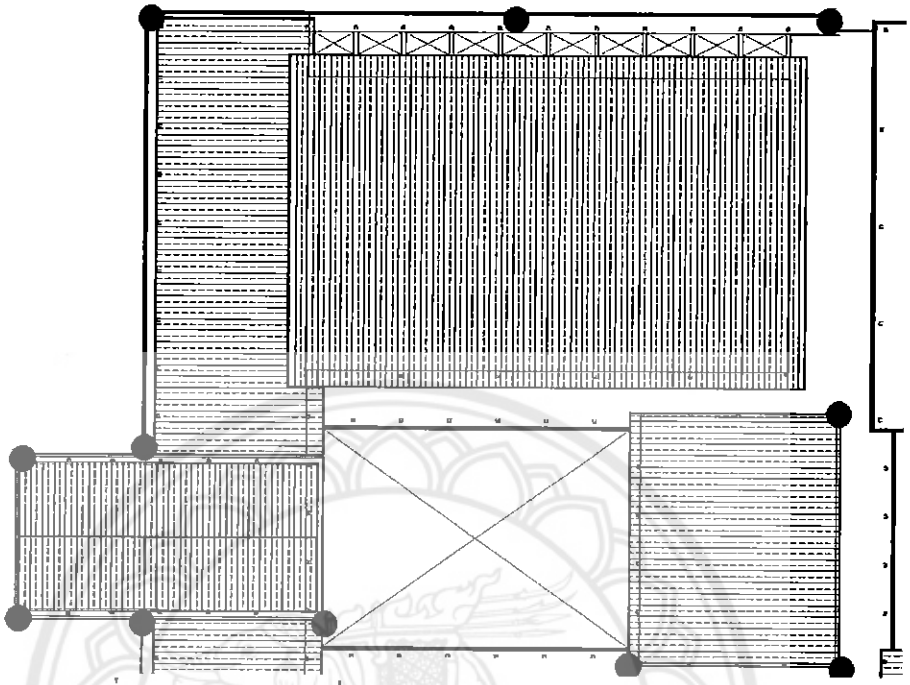


รูปที่ 4.14 หลังคา D หลังเพิ่มแท่งตัวนำล่อฟ้า

หลังจากทำการวางตำแหน่งของแท่งตัวนำล่อฟ้าลงบนหลังคาครบทุกจุดแล้วจากนั้นจะเป็นการหาความยาวของระบบตัวนำลงดินโดยขั้นแรกวัดระยะห่างของแท่งตัวนำล่อฟ้าแต่ละจุดเพราะทุกจุดต้องเชื่อมถึงกันผ่านตัวนำ โดยหลังคา A มีความยาวทั้งหมด 270 เมตร หลังคา B ยาว 90 เมตร หลังคา C ยาว 171 เมตร และหลังคา D ยาว 140 เมตร รวมทั้งหมดใช้ตัวนำลงดินยาว 671 เมตร โดยตัวนำลงดินนี้ใช้ขนาด 70 ตารางมิลลิเมตร ซึ่งขั้นต่ำตามมาตรฐานของตัวนำลงดินกำหนดไว้ที่ 50 ตารางมิลลิเมตร

เมื่อได้ขนาดความยาวของแท่งตัวนำลงดินที่อยู่บนหลังคาแล้วถัดมาคือตัวนำลงดินที่เชื่อมระหว่างหลังคากับพื้นดินโดยแนวของตัวนำลงดินจะเดินตามแนวของมุมตึกกระจายไปทุกด้านของตัวอาคารแสดงด้วยจุดสีแดงดังรูปที่ 4.15 จากจุดที่สูงที่สุดวัดถึงพื้นดินวัดได้ 22 เมตร

ดังนั้นเพื่อเป็นการเผื่อจึงคิดทุกจุดยาวเท่ากัน ทำให้ได้ตัวนำลงดินยาว 279 เมตรคิดเผื่อ 15% โดยใช้ขนาด 95 ตารางมิลลิเมตร



รูปที่ 4.15 ตำแหน่งจุดเชื่อมต่อของตัวนำลงดินระหว่างหลังคากับดิน

ขั้นตอนสุดท้ายของการออกแบบระบบฟ้าผ่าคือระบบรากสายดิน โดยใช้ระบบรากสายดินแบบแนวดิ่งต่อแบบเดลต้าเพื่อให้มีความต้านทานของดินต่ำกว่า 5 โอห์ม โดยแต่ละจุดใช้แท่งตัวนำลงดินจำนวน 3 แท่งแต่ละแท่งยาว 3 เมตร มีจุดตัวนำลงดินทั้งหมด 22 จุด ดังนั้นใช้แท่งตัวนำลงดินทั้งหมด 66 แท่ง

จากการออกแบบระบบป้องฟ้าผ่าจะเห็นได้ว่าสามารถป้องกันฟ้าผ่าได้จากวิธีกรงฟาราเดย์ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ในการออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่า โดยสำหรับโครงงานนี้ใช้แท่งตัวนำล่อฟ้าจำนวน 72 แท่ง แบ่งเป็นขนาด 2 เมตร 10 แท่ง และขนาด 1 เมตร 62 แท่ง ใช้ตัวนำลงดินความยาวทั้งหมด 671 เมตร และรากสายดินทั้งหมด 66 แท่ง

4.7 ผลการประมาณราคา

การประมาณราคาคือ การคำนวณค่าใช้จ่ายในการติดตั้งระบบไฟฟ้าให้สมบูรณ์และใช้งานได้ตามแบบที่ออกไว้ การประมาณราคาที่ดีจะให้ตัวเลขค่าใช้จ่ายที่ใกล้เคียงกับค่าใช้จ่ายจริง แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นความแม่นยำในการประเมินราคาจะสูงหรือต่ำ ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังต่อไปนี้ ความละเอียดของแบบแปลน ระยะเวลาในการประมาณราคา ความรู้ความชำนาญ และประสบการณ์เกี่ยวกับอุปกรณ์เครื่องมือต่างๆ ของผู้ประมาณราคาข้อมูล ของราคาอุปกรณ์ และเครื่องมือต่างๆ

การประมาณราคาระบบต่างๆในส่วนต่อเติมชั้น 4 ประกอบไปด้วยระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบป้องกันฟ้าผ่า แสดงได้ดังต่อไปนี้

4.7.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นระบบที่มีความสำคัญ ในส่วนต่อเติมชั้น 4 มีความจำเป็นที่จะต้องใช้แสงสว่างในการทำกิจกรรมต่างๆ เนื่องจากเป็นส่วนของห้องสำนักงาน รวมไปถึงห้องเลขานุการ ห้องเก็บของ และห้องรับประทานอาหาร ในการออกแบบระบบแสงสว่างนอกจากจะต้องคำนึงถึงความเพียงพอของแสงสว่างเพื่อให้ได้ความสว่างเพียงพอต่อความต้องการตามมาตรฐานที่กำหนดแต่ละพื้นที่ใช้งานแล้ว สิ่งที่ควรคำนึงถึงอีกอย่างนั่นคือความสวยงามและการเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่มีความเหมาะสม ทั้งราคาและพื้นที่ใช้งาน จึงได้มีการประมาณราคาระบบไฟฟ้าแสงสว่างขึ้น ซึ่งขั้นตอนในการประมาณราคาของระบบไฟฟ้าแสงสว่างนั้นจะเริ่มจากการถอดแบบหาจำนวนของอุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดที่ได้ทำการออกแบบไว้ จากนั้นจะต้องทำการหาระยะของสายไฟฟ้าและท่อร้อยสายที่ใช้ โดยการวัดระยะสายไฟฟ้าและท่อร้อยสายนั้นจะวัดจากตู้แผงย่อยประจำชั้น 4 ไปยังอุปกรณ์สำหรับระบบแสงสว่างต่างๆ เมื่อทำการตรวจสอบอุปกรณ์ของระบบแสงสว่างในส่วนต่อเติมชั้น 4 สำนักงานอาคารหอสมุดโดยระยะสายไฟและท่อร้อยสายคิดเผื่อ 15% ตามตาราง H มีรายละเอียดดัง

ตารางที่ 4.13

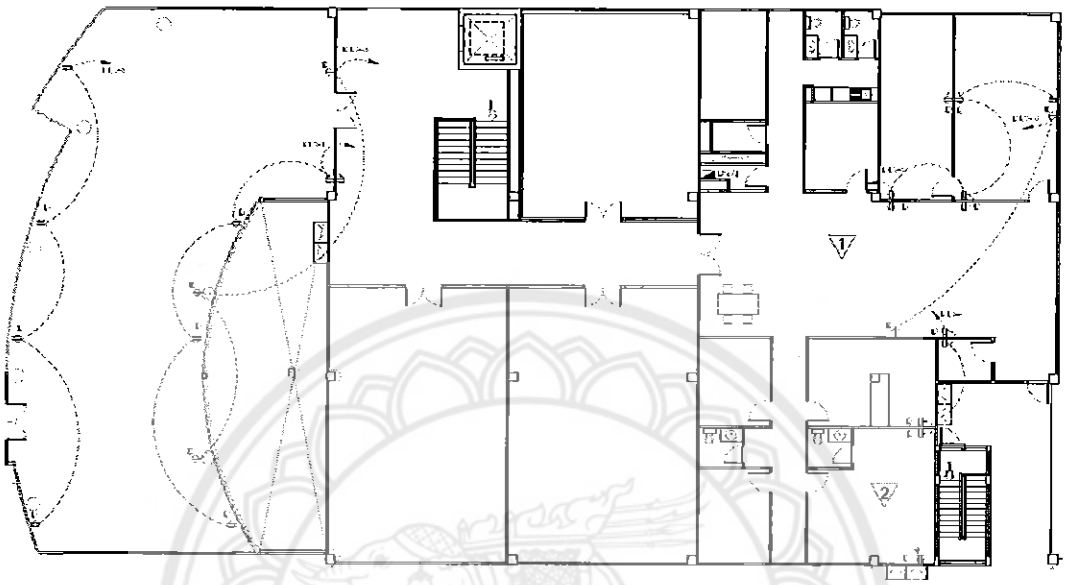
ตารางที่ 4.13 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบแสงสว่าง

รายการ	จำนวน
โคมฟลูออเรสเซนท์ 2×36 W พร้อมหลอด	57 ชุด
สวิตช์ทางเดียว	13 ชุด
สายไฟ THW 2.5 ตารางมิลลิเมตร	1,020 เมตร
สายไฟ THW 1.5 ตารางมิลลิเมตร	440 เมตร
ท่อร้อยสาย EMT ขนาด 1/2 นิ้ว	482 เมตร

4.7.2 ระบบเต้ารับ

ระบบเต้ารับเป็นระบบไฟฟ้าพื้นฐานอีกระบบหนึ่งที่ส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุดต้องมี โดยมีจุดประสงค์การใช้งานเพื่อเป็นจุดเชื่อมต่อให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ควรกระจายเต้ารับไฟฟ้าให้ทั่วอาคารและสามารถเข้าถึงได้ง่าย ซึ่งขั้นตอนในการประมาณราคาของระบบเต้ารับสามารถทำได้เช่นเดียวกับระบบแสงสว่างโดยเริ่มที่

การถอดแบบ เพื่อหาจำนวนของเต้ารับ และวัดระยะหาความยาวของสายไฟฟ้าและท่อร้อยสายที่ใช้ในการติดตั้งโดยการวัดระยะสายไฟฟ้าและท่อร้อยสายนั้นจะวัดจากตู้แผงย่อยประจำชั้น 4 (ดูรูปที่ 4.16) ไปยังอุปกรณ์สำหรับระบบเต้ารับต่างๆ



รูปที่ 4.16 แบบแปลนระบบเต้ารับและเครือข่าย

เมื่อทำการตรวจสอบระบบเต้ารับแล้วทำการถอดแบบ วัดระยะของท่อร้อยสายและสายไฟฟ้าที่ใช้ โดยระยะสายไฟและท่อร้อยสายคิดเผื่อ 15% ตามตาราง H แล้วสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.14

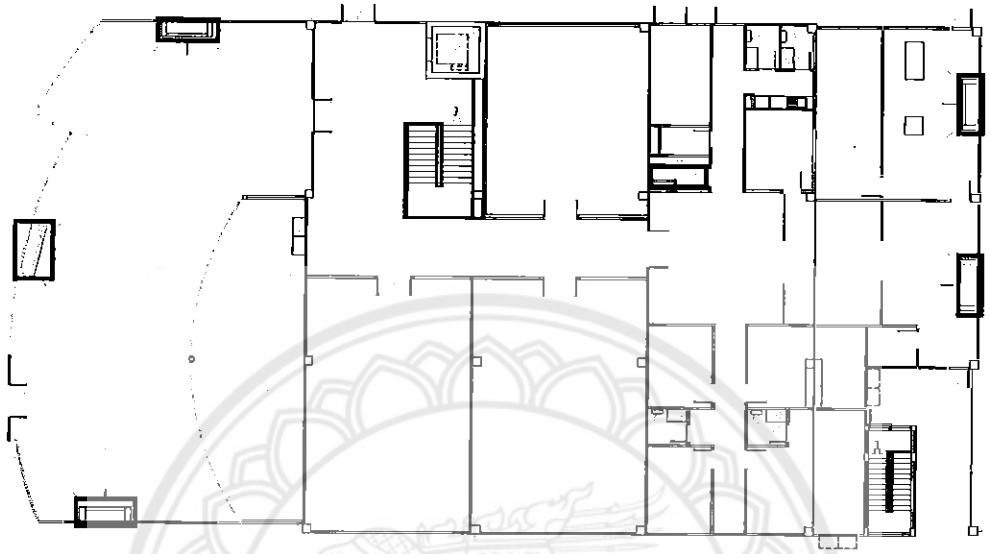
ตารางที่ 4.14 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบเต้ารับ

รายการ	จำนวน
เต้ารับแบบมีขั้วสายดิน (2P+G) พร้อมฝาครอบ	50 ชุด
สายไฟ THW 4 ตารางมิลลิเมตร	811 เมตร
สายไฟ THW 2.5 ตารางมิลลิเมตร	407 เมตร
ท่อร้อยสาย EMT ขนาด 1/2 นิ้ว	407 เมตร

4.7.3 ระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศเป็นระบบควบคุมอุณหภูมิอากาศภายในส่วนต่อเติมชั้น 4 ของอาคารสำนักหอสมุด ทำให้บุคคลที่อยู่ภายในอาคารทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ถึงแม้การเลือกขนาดของเครื่องปรับอากาศจะเป็นในส่วนของวิศวกรเครื่องกล แต่ในการเลือกขนาดสายไฟและขนาดของท่อร้อยสายที่ใช้ก็เป็นหน้าที่ของวิศวกรไฟฟ้าเช่นกัน โดยขั้นตอนในการประมาณราคา

สำหรับระบบปรับอากาศนั้นจะเป็นการประมาณราคาในส่วนของความยาวของท่อร้อยสายและสายไฟที่ใช้ในการติดตั้งระบบปรับอากาศโดยวัดจากตู้แผงย่อยประจำชั้น 4 (ดูรูปที่ 4.17 โดยกรอบสีแดงคือตู้แผงย่อยกรอบสีฟ้าคือตำแหน่งเครื่องปรับอากาศ) ไปยังเครื่องปรับอากาศแต่ละเครื่อง



รูปที่ 4.17 แบบแปลนระบบปรับอากาศ

เมื่อทำการตรวจสอบและถอดแบบระบบปรับอากาศแล้ว สามารถสรุปความยาวของท่อร้อยสายและสายไฟฟ้าที่ใช้ในการติดตั้งระบบปรับอากาศ โดยระยะสายไฟและท่อร้อยสายคิดเผื่อ 15% ตามตาราง H ได้ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบปรับอากาศ

รายการ	จำนวน
สายไฟ THW 10 ตารางมิลลิเมตร	966 เมตร
สายไฟ THW 4 มิลลิเมตร	242 เมตร
ท่อร้อยสาย IMC ขนาด 1-1/4 นิ้ว	242 เมตร

4.7.4 ระบบเครือข่าย

ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ เป็นระบบที่เนื่องจากการต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดนั้นมีระบบเครือข่ายเดิมอยู่แล้ว ในการออกแบบนั้นจึงทำการเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณจากเดิมที่มีอยู่แล้วให้เพิ่มขึ้นเพื่อรองรับการใช้งานของบุคลากร โดยจะทำการรวบรวมข้อมูลของผู้ใช้แล้วจึงทำการกำหนดตำแหน่งของจุดต่อสายแลนให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ โดยขั้นตอนในการประมาณราคาของระบบเครือข่ายนอกจากการถอดแบบจากในแบบแปลนระบบเครือข่ายแล้วยัง

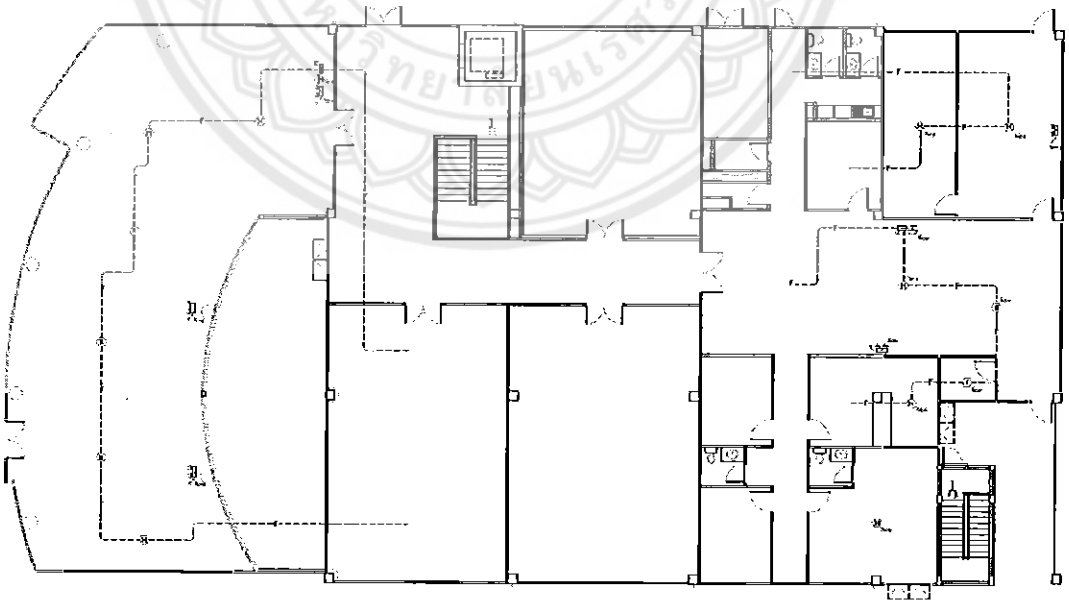
ต้องคำนึงถึงอุปกรณ์สลับสัญญาณที่ไม่มีอยู่ในแบบอีกด้วย ในการวัดความยาวของสายสัญญาณสามารถดูได้จากรูปที่ 4.16 เมื่อทำการตรวจสอบระบบเครือข่ายจากแบบแปลนระบบไฟฟ้าแล้วสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบเครือข่าย

รายการ	จำนวน
อุปกรณ์สลับช่องสัญญาณขนาด 48 ช่องสัญญาณ	1 เครื่อง
ระบบสายสัญญาณเคเบิลทองแดงตีเกลียว CAT5e	14 จุด

4.7.5 ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ หมายถึงระบบที่มีอุปกรณ์ที่สามารถรับรู้ถึงเหตุเพลิงไหม้ที่เกิดขึ้นก่อนที่เพลิงไหม้จะลุกลามและสามารถส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม เพื่อพร้อมที่จะสั่นกระดิ่งหรืออุปกรณ์ใดๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และแจ้งเหตุให้มีการอพยพ ซึ่งสามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติ โดยในการประมาณราคาของระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ต้องทำการถอดแบบเช่นเดียวกับระบบอื่นๆ และทำการวัดระยะสายสัญญาณที่ใช้ในการติดตั้ง โดยตำแหน่งของอุปกรณ์ตรวจจับเพลิงไหม้สามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แบบแปลนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

เมื่อทำการตรวจสอบและถอดแบบระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้แล้ว ระยะของสายสัญญาณที่วัดได้คิดเผื่อ 15% ตามตาราง H สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้

รายการ	จำนวน
อุปกรณ์ตรวจจับความร้อน	12 เครื่อง
อุปกรณ์ตรวจจับควัน	1 เครื่อง
สายสัญญาณ	164 เมตร

4.7.6 ระบบป้องกันฟ้าผ่า

ระบบป้องกันฟ้าผ่าเป็นระบบที่ใช้ในการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับอาคาร สิ่งปลูกสร้าง โดยการจัดเส้นทางการไหลของกระแสฟ้าผ่าจากตัวนำล่อฟ้า ผ่านตัวนำลงดินไปสู่รากสายดิน (หรือหลักดิน) ให้เป็นไปอย่างปลอดภัยจากการเกิดประกายอันตราย อันตรายจากแรงดันช่วงก้าว หรือแรงดันสัมผัส โดยขั้นตอนในการประมาณขั้นแรกต้องทำการถอดแบบจำนวนอุปกรณ์ทั้งหมดที่ใช้ในการออกแบบ จากนั้นจึงวัดระยะของตัวนำไฟฟ้าที่ใช้ในระบบ เมื่อทำการตรวจสอบและถอดแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าแล้ว พบว่าใช้แท่งตัวนำล่อฟ้าขนาด 2 เมตร และตัวนำลงดินเดินตามแนวขอบของหลังคาโดยคิดเผื่อ 15% ตามตาราง H ดังนั้นสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 รายละเอียดของอุปกรณ์ระบบป้องกันฟ้าผ่า

รายการ	จำนวน
แท่งตัวนำล่อฟ้าขนาด 1 เมตร	62 แท่ง
แท่งตัวนำล่อฟ้าขนาด 2 เมตร	10 แท่ง
ตัวนำลงดิน	772 เมตร
รากสายดิน	66 แท่ง

4.7.7 จัดทำราคาในรูปของบัญชีแสดงปริมาณวัตถุ

หลังจากทำการถอดแบบเพื่อหาจำนวนของอุปกรณ์ และความยาวสายไฟที่ใช้ในแต่ละระบบเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือการสอบถามราคาจากแหล่งขายโดยต้องระบุลักษณะ ยี่ห้อของอุปกรณ์ให้ครบถ้วน โดยการประมาณราคาของโครงการ ส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด สำหรับระบบไฟฟ้าสามารถดูได้จากตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.19 บัญชีแสดงปริมาณวัตถุระบบไฟฟ้าในส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าสัดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน
				หน่วยละ	รวมค่าวัสดุ	หน่วยละ	รวมค่าแรงงาน	
1	**ระบบไฟฟ้าแรงสูง**							
	- Load Center 3P 30CKT Main Busbar 100 A	1	pcs.	7,700 [13]	7,700	1,500*	1,500	8,300
	- Mold Case Circuit Breaker (MCCB) 3P 100AT/100AF IC≥30 kA	2	pcs.	6,200 [14]	12,400	-	-	12,400
	- Branch Circuit Breaker 1P 16-32 A	18	pcs.	280 [14]	5,040	-	-	5,040
	- Branch Circuit Breaker 3P 20 A	5	pcs.	1,610 [14]	8,050	-	-	8,050
	- Conductor THW 50 sq.mm.	128	m.	230 [15]	29,440	33	4,224	33,664
	- Conductor THW 10 sq.mm.	32	m.	50 [15]	1,600	14	448	2,048
	- EMT Conduit Ø2"	10	ท่อน	688 [16]	6,880	105	1,050	4,490
	- Accessories & Fitting & Support	1	LS	9,000*	9,000	2,000*	2,000	11,000
2	**งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างและเต้ารับไฟฟ้า**							
	- Lighting Fixture Fluorescent 2×36 W with Reflexter	57	set	1,070 [17]	60,990	120	7,200	68,190
	- 1 Way Switch with Cover	13	set	60 [23]	780	70	910	1,690
	- Duplex Receptacle 2P+G with Cover	50	set	150 [23]	7,500	240	12,000	19,500
	- Conductor THW (IEC 01) #4 sq.mm.	811	m.	18 [15]	14,598	8	6,488	21,086
	- Conductor THW (IEC 01) #2.5 sq.mm.	1,427	m.	12 [15]	17,124	6	8,562	25,686
	- Conduit Steel EMT Ø1/2"	298	ท่อน	133 [16]	39,634	54	16,092	55,726
	- Accessories & Fitting & Support	1	LS	9,000*	9,000	2,000*	2,000	11,000
3	**ระบบเครือข่าย**							
	- อุปกรณ์สลับสัญญาณขนาด 48 ช่องสัญญาณ	1	EA.	35,800 [24]	35,800	-	-	32,100
	- ระบบสายสัญญาณเคเบิลทองแดงดีเกลียว CAT5e	14	จุด	3,200	44,800	300*	4,200	49,000

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย	ค่าสัดุ (บาท)		ค่าแรงงาน (บาท)		รวมค่าวัสดุและค่าแรงงาน
				หน่วยละ	รวมค่าวัสดุ	หน่วยละ	รวมค่าแรงงาน	
4	**ระบบปรับอากาศ**							
	- Safty Fuse Switch 3P 20 A	4	set	4,497 [18]	17,988	150*	600	18,588
	- Safety Breaker 1P 20 A	1	set	120 [19]	120	110*	110	110
	- Conductor THW (IEC 01) #4 sq.mm.	966	m.	18 [15]	12,558	8	7,728	20,286
	- Conductor THW (IEC 01) #2.5 ssq.mm.	242	m.	12 [15]	1,936	6	1,452	3,388
	- Conduit Steel EMT Ø1/2"	82	ท่อน	133 [16]	10,906	54	4,428	15,334
	- Accessories & Fitting & Support	1	LS	9,000*	9,000	3,500*	3,500	12,500
5	**ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้**							
	- Heat Detector	12	ชุด	4,00 [20]	4,800	-	-	4,800
	- Smoke Detector	1	ชุด	699 [20]	699	-	-	699
	- THW 2.5 sq.mm.	164	m.	12 [15]	1,968	6	984	2,952
	- Accessories & Fitting & Support	1	LS	9,000*	9,000	2,000*	2,000	11,000
6	**ระบบป้องกันฟ้าผ่า**							
	- แท่งตัวนำล่อฟ้าขนาด 5/8" 1 เมตร	62	ชุด	1,770 [21]	109,740	-	-	109,740
	- แท่งตัวนำล่อฟ้าขนาด 5/8" 2 เมตร	10	ชุด	4,460 [21]	44,600	-	-	44,600
	- Bare Stranded Copper Conductor 70 sq.mm.	772	m.	328 [25]	253,216	-	-	253,216
	- รากสายดินขนาด 5/8" 15 เมตร	66	ชุด	900[21]	59,400	-	-	59,400
	รวมราคา							925,583

หมายเหตุ – ค่าแรงทั้งหมดอ้างอิงจากเอกสารอ้างอิง [5]

- * อ้างอิงจากใบราคาที่วิศวกรได้ออกแบบไว้

จากการประมาณราคาของทุกระบบ พบว่า ระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ ระบบป้องกันฟ้าผ่าดังตารางที่ 4.19 สามารถสรุปงบประมาณได้ทั้งหมด 925,583 บาท โดยแบ่งเป็นในส่วนของอาคารสำนักหอสมุดที่ไม่รวมระบบป้องกันฟ้าผ่าเป็นเงินทั้งสิ้น 458,627 บาท และระบบป้องกันฟ้าผ่าสำหรับอาคารอเนกประสงค์รวมเป็นเงินทั้งสิ้น 466,956 บาท

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินโครงงานสามารถสรุปผล และชี้แจงปัญหาในการดำเนินงาน รวมทั้งเสนอแนะแนวทางการแก้ปัญหา และให้ข้อเสนอแนะในการนำโครงงานไปพัฒนาต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

โครงงานงานนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของแบบแปลนระบบไฟฟ้าส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยนเรศวรพร้อมเปรียบเทียบการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้านี้กับเกณฑ์มาตรฐานวิชาชีพและนำเสนอแนวทางการปรับปรุงหรือแก้ไขแบบแปลนภายใต้งบประมาณที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ โดยผู้จัดทำโครงงานได้ทำการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าจำนวน 6 ระบบคือ ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ และระบบป้องกันฟ้า พร้อมทั้งทำการประเมินราคาของวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้จากการออกแบบ และราคาค่าแรงที่ใช้ในการติดตั้งของแต่ละระบบ

จากผลการตรวจสอบระบบไฟฟ้าส่วนต่อเติมชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุดพบว่า ระบบแสงสว่าง ระบบเต้ารับ ระบบปรับอากาศ ระบบเครือข่าย และระบบป้องกันฟ้าผ่านเกณฑ์มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าและตามเกณฑ์มาตรฐานทางวิชาชีพที่ได้กำหนดไว้ ส่วนระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าในเรื่องการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนไม่ครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่ภายในส่วนต่อเติมชั้น 4 หากเกิดเหตุเพลิงไหม้ในบริเวณดังกล่าวที่ไม่ครอบคลุมอาจเกิดเหตุร้ายแรงได้ ทั้งนี้ได้เสนอแนะให้มีการปรับปรุงแก้ไขเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

จากปัญหาที่พบหลังจากได้ทำการศึกษาและค้นคว้าเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการตรวจสอบแบบแปลนระบบไฟฟ้าและทำการเปรียบเทียบให้ตรงตามมาตรฐานวิชาชีพและหาแนวทางการแก้ไข ได้ดังนี้

1. ปัญหาที่พบในการทำโครงงานนี้ คือ แบบแปลนที่ได้รับมีพื้นที่ที่มีส่วนโค้งและไม่เป็นสี่เหลี่ยมส่งผลให้ในการคำนวณหาจำนวนดวงโคมไฟแสงสว่างเป็นไปได้ยาก เพราะจากการเรียนวิชาดีไซน์ส่วนใหญ่จะใช้การประมาณพื้นที่เป็นสี่เหลี่ยมในการหาจำนวนดวงโคม จึงมีแนวทางแก้ไขโดยขอคำแนะนำจากอาจารย์ที่ปรึกษา และได้คำตอบว่าให้คิดเป็นพื้นที่แยกเล็กๆเป็นช่วงๆแทนที่จะคิดเป็นพื้นที่เดียวรวมกัน และอาจใช้โปรแกรม Autocad ช่วยในการวัดพื้นที่ได้

2. ปัญหาที่พบในการทำโครงงานนี้ คือ หนังสือมาตรฐานที่ใช้สำหรับอ้างอิงในบางหัวข้อมีการอธิบายค่อนข้างคลุมเครือไม่ชัดเจน จึงทำให้ต้องไปค้นคว้าด้วยตัวเองในอินเตอร์เน็ตรวมไปถึงสอบถามผู้รู้เพื่อความเข้าใจและเป็นประโยชน์ในการคำนวณ

3. ปัญหาที่พบในการทำโครงงานนี้ คือ หนังสือที่ใช้สำหรับอ้างอิงในบางหัวข้อจะเป็นหนังสือที่เป็นเนื้อหาภาษาอังกฤษซึ่งอ่านทำความเข้าใจยาก จึงจำเป็นต้องค้นคว้าหาจากหนังสืออื่นเพิ่มเติมแล้วนำมาเปรียบเทียบเพื่อเป็นประโยชน์ในการคำนวณ

5.3 คำแนะนำ

1) ระบบไฟฟ้าแสงสว่างที่ผู้ออกแบบได้ออกแบบไว้เลือกใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T8 ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้ามากถึง 36 วัตต์ ซึ่งทำให้ใช้กระแสในปริมาณมากดังนั้นค่าไฟที่ต้องจ่ายในแต่ละเดือนก็จะมากตามไปด้วย จึงแนะนำให้ใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้า 28 วัตต์ใช้กระแสน้อยกว่าแบบ T8 อีกทั้งยังให้แสงสว่างและอายุการใช้งานเทียบเท่ากัน ส่วนในเรื่องของราคาหลอดฟลูออเรสเซนต์แบบ T5 จะมีราคาแพงกว่า แต่ถ้าคิดผลระยะยาวนั้นเลือกใช้หลอด T5 คุ้มค่ามากกว่า ต่อมาคือเรื่องของความสว่าง 300 lx คือค่ากำหนดเป็นอย่างน้อยที่ควรใช้ในการออกแบบ ผู้ออกแบบสามารถใช้ค่าที่มากกว่านี้ได้ เนื่องจากอาจเกิดจากความเสื่อมของหลอดเมื่อใช้เป็นเวลานานถึงแม้จะคำนวณจากในสูตรอยู่แล้วก็ตาม

2) ระบบเต้ารับ หากมีโหลดทางไฟฟ้าที่ทราบขนาดแน่นอนแล้วสามารถใช้ขนาดโหลดชนิดนั้นๆ ในการคำนวณหาขนาดของสายไฟและอุปกรณ์ป้องกันที่ใช้ได้เลย หรือเป็นการเผื่อโหลดขึ้นมาอีกระดับหนึ่งจากเดิมใช้ค่า 180 VA ต่อจุดสำหรับโหลดไม่ต่อเนื่องในการคำนวณอาจใช้ค่า 220 VA ต่อจุดในการคำนวณก็ได้สำหรับอุปกรณ์ที่เป็นโหลดต่อเนื่อง

3) ระบบปรับอากาศ หากต้องการความสวยงามรวมไปถึงความสะดวกในการบำรุงรักษา จึงแนะนำให้ใช้แอร์ฝังฝ้า 4 ทิศทาง (Cassette type) โดยที่สามารถรักษาความสวยงามของฝ้าเพดานแบบเดิมได้ หมดปัญหาน้ำขังในตัวเครื่องด้วยปั๊มน้ำแรงดันสูง

4) ระบบเครือข่าย ในการออกแบบระบบเครือข่าย ควรทำการสำรวจประเภทธุรกิจขององค์กรนั้นๆ ขนาดองค์กร ความต้องการในการใช้งานก่อนแล้วจึงทำการออกแบบ จึงจะทำให้ได้ระบบที่เกิดประโยชน์สูงสุด

5) ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ อุปกรณ์หลักในระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้สำหรับอาคารสำนักงานประกอบไปด้วยสองชนิดคือ อุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์ตรวจจับควัน ในการเลือกใช้งานควรศึกษาหน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละแบบให้เข้าใจก่อนนำไปใช้งาน ปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่เกิดจากการรวมกันของอุปกรณ์ตรวจจับความร้อนและอุปกรณ์ตรวจจับควันเข้าด้วยกันทำให้ในการ

ติดตั้งแต่ละจุดอุปกรณ์หนึ่งตัวสามารถตรวจจับความผิดปกติได้สองชนิดในตัวเดียวกันได้ ทำให้การติดตั้งดูสวยงามมากขึ้นเมื่อห้องหนึ่งๆต้องการติดตั้งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดในห้องเดียวกัน

6) การออกแบบระบบป้องกันฟ้าผ่าสำหรับอาคาร มีการวางแท่งตัวนำออกแบบคำนึงถึงความปลอดภัยเป็นอันดับแรก เช่นการใช้แท่งตัวนำที่มีความสูงระดับเดียวกันทั้งอาคารก็ย่อมได้ แต่หากคิดในเรื่องความสวยงามแล้ว การใช้แท่งตัวนำที่มีความสูงต่างกันตามพื้นที่จะมีความสวยงามมากกว่า เช่นการวางแท่งตัวนำเฉพาะที่สันหลังคาสูง 2 เมตร ยึดด้วยลวดส่วนที่บริเวณขอบหลังคาสามารถใช้แท่งตัวนำ 1 เมตรกว่าได้

เอกสารอ้างอิง

[1] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิพัทธ์ จันทรมินทร์. "เอกสารประกอบการสอน วิชาวิศวกรรมการส่องสว่าง Illumination Engincering " วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยนเรศวร หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2551

[2] สมาคมวิศวกรรมฐานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2545).มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า. กรุเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมฐานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

[3] ดร.สุพรรณนิกา วัฒนะ. "เอกสารประกอบการสอน วิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า Electrical System Design" วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยนเรศวร

[4] สมาคมวิศวกรรมฐานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2544). มาตรฐานระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม. กรุเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมฐานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

[5] ชายชาญ โพธิสาร, (2552).การประมาณราคาระบบไฟฟ้า-สื่อสารสำหรับอาคาร. สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย.

[6] สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2543). มาตรฐานการป้องกันฟ้าผ่าสำหรับสิ่งปลูกสร้าง. กรุเทพฯ : สมาคมวิศวกรรมฐานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

[7] ประสิทธิ์ พิททยพัฒน์.(2548). *การออกแบบระบบไฟฟ้า*. กรุงเทพฯ : ทีซีจี พริ้นติ้ง.

[8] แนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง สืบค้นเมื่อ 27 ธันวาคม 2557 จาก www2.dede.go.th/dede/handbookbuild/4.pdf

[9] คุณณรงค์ โมกขวิสุทธิ์และคุณยรรยง ศรีสม.มาตรฐานของการจัดพื้นที่สำนักงาน. สืบค้นเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558, จาก http://share.psu.ac.th/blog/nisakorn-5s/8307

[10] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยราชธานี สืบค้นเมื่อ 29 ธันวาคม 2557 จาก http://eng.rtu.ac.th/ESD/ch8.pdf

[11] โยธิน แก่งอินและศิริพัฒน์ สุริยะวงศ์. การออกแบบและติดตั้งเครือข่ายคอม. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2558 จากhttp://designinternet.weebly.com/

[12] มนตรี เงาเดช. แบบระบบไฟฟ้าและการถอดแบบประมาณราคา. สืบค้นเมื่อ 7 พฤษภาคม 2558 จาก http://montri.rmutl.ac.th/old/download/document.pdf

[13] Merao Trading. จำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้าโรงงาน. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.merao.co.th/index.php/2014-04-29-11-02-11

[14] Plermboon Network Biz Co.,Ltd. จำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้า. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.pnbmart.com/1386858/โมลเคสเซอร์กิตเบรกเกอร์-schneider-ezcnbd

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[15] C.Grow co.,Ltd. จำหน่ายสายไฟ. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.c-grow.com/ราคาสายไฟ.html

[16] บริษัท เทเลพาร์ท คอร์ปอเรชั่น ซัพพลาย จำกัด. จำหน่ายอุปกรณ์ติดตั้งระบบโทรศัพท์.สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.telepart.net/ท่อเหล็กร้อยสายไฟEMT-IMC-RSC-Flexibleและอุปกรณ์/ท่อบางEMT-Electrical-Metallic-Tubing.html

[17] บริษัท เอชดี บิสซิเนส จำกัด. จำหน่ายอุปกรณ์ไฟฟ้า.สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://hdbusinesscenter.tarad.com/product.detail_0_th_5341269

[18] บริษัท element14. จำหน่าย ออกแบบ รักษาและซ่อมแซมระบบอิเล็คทรอนิกส์สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://th.element14.com/abb/os20fb12a1/switch-fuse-front-20a-3p/dp/1842469

[19] ร้านไฟฟ้า Ranfaifa. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.muangfaifa.com/product/51/เซฟตี้เบรกเกอร์-2p-10-40a-panasonic

[20] บริษัท ไฟร์โฟกัส เซลส์แอนด์เซอร์วิส จำกัด. จำหน่ายอุปกรณ์ป้องกันภัยทุกชนิด.สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.firefocusshop.com/

[21] บริษัท 135 อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด. จำหน่ายสินค้าและอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงสูงและแรงต่ำ สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.135inter.com/product-ligtning.html

[22] มหาวิทยาลัยสยาม. หลักการออกแบบระบบไฟฟ้าและวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง.สืบค้นเมื่อ 14 พฤษภาคม 2558 จาก http://www.research-system.siam.edu/images/coop/ELECTRICAL_SYSTEMS_DESIGN_AND_INSTALLATION_OF_RESIDENTIAL_BUILDINGS/ch2.pdf

[23] กลุ่มออกแบบและก่อสร้าง สอ.สพฐ. สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก https://www.facebook.com/designobec

[24] บริษัท ซิทเท็มโปรดักส์ เทรดดิ้ง จำกัด. ผู้จำหน่ายและติดตั้ง ซ่อมอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://spt.co.th/index.php

[25] SKS. ร้านขายอุปกรณ์งานระบบไฟฟ้า สืบค้นเมื่อ 8 มิถุนายน 2558 จาก http://www.skselectric.co.th/สายทองแดงเปลือย-เช็คราคาสายทองแดงล่อฟ้าเปิดร้านไฟฟ้าต่างจังหวัด-จำหน่ายราคาส่ง

ภาคผนวก ค.

ข้อมูลสำหรับใช้ในการตรวจสอบ

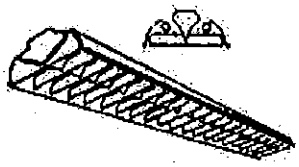
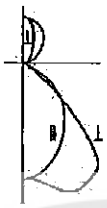
ตาราง A ค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดานและพื้นสำหรับพื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน [1]

เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของพื้นที่ (Percent Base Reflectance)	90										80										70										60										50									
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของกำแพง (Percent Wall Reflectance)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
อัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio)																																																	
0.2	.89	.88	.88	.87	.86	.85	.85	.84	.84	.82	.79	.78	.78	.77	.77	.76	.76	.75	.74	.72	.70	.69	.68	.68	.67	.67	.66	.66	.65	.64	.60	.59	.59	.59	.58	.57	.56	.56	.55	.53	.50	.50	.49	.49	.48	.48	.47	.46	.46	.44
0.4	.88	.87	.86	.85	.84	.83	.81	.80	.79	.76	.79	.77	.76	.75	.74	.73	.72	.71	.70	.68	.69	.68	.67	.66	.65	.64	.63	.62	.61	.58	.60	.59	.59	.58	.57	.55	.54	.53	.52	.50	.50	.49	.48	.48	.47	.46	.45	.45	.44	.42
0.6	.87	.86	.84	.82	.80	.79	.77	.76	.74	.73	.78	.76	.75	.73	.71	.70	.68	.66	.65	.63	.69	.67	.65	.64	.63	.61	.59	.58	.57	.54	.60	.58	.57	.56	.55	.53	.51	.51	.50	.46	.50	.48	.47	.46	.45	.44	.43	.42	.41	.38
0.8	.87	.85	.82	.80	.77	.75	.73	.71	.69	.67	.78	.75	.73	.71	.69	.67	.65	.63	.61	.57	.68	.66	.64	.62	.60	.58	.56	.55	.53	.50	.59	.57	.56	.55	.54	.51	.48	.47	.46	.43	.50	.48	.47	.45	.44	.42	.40	.39	.38	.36
1.0	.86	.83	.80	.77	.75	.76	.69	.66	.64	.62	.77	.47	.72	.69	.67	.65	.62	.60	.57	.55	.68	.65	.62	.60	.58	.55	.53	.52	.50	.47	.59	.57	.55	.53	.51	.48	.45	.44	.43	.41	.50	.48	.46	.44	.43	.41	.38	.37	.36	.34
1.2	.85	.82	.78	.75	.72	.69	.66	.63	.60	.57	.76	.73	.70	.67	.64	.61	.58	.55	.53	.51	.67	.64	.61	.59	.57	.54	.50	.48	.46	.44	.59	.56	.54	.51	.49	.46	.44	.42	.40	.38	.50	.47	.45	.43	.41	.39	.36	.35	.34	.29
1.4	.85	.80	.77	.73	.69	.65	.62	.59	.57	.52	.76	.72	.68	.65	.62	.59	.55	.53	.50	.48	.67	.63	.60	.58	.55	.51	.47	.45	.44	.41	.59	.56	.53	.49	.47	.44	.41	.39	.38	.36	.50	.47	.45	.42	.40	.38	.35	.34	.32	.27
1.6	.84	.79	.75	.71	.67	.63	.59	.56	.53	.50	.75	.71	.67	.63	.60	.57	.53	.50	.47	.44	.67	.62	.59	.56	.53	.47	.45	.43	.41	.38	.59	.55	.52	.48	.45	.42	.39	.37	.35	.33	.50	.47	.44	.41	.39	.36	.33	.32	.30	.26
1.8	.83	.78	.73	.69	.64	.60	.56	.53	.50	.48	.75	.70	.66	.62	.58	.54	.50	.47	.44	.41	.66	.61	.58	.54	.51	.46	.42	.40	.38	.35	.58	.55	.51	.47	.44	.40	.37	.35	.33	.31	.50	.46	.43	.40	.38	.35	.31	.30	.28	.25
2.0	.83	.77	.72	.67	.62	.56	.53	.50	.47	.43	.74	.69	.64	.60	.56	.52	.48	.45	.41	.38	.66	.60	.56	.52	.49	.45	.40	.38	.36	.33	.58	.54	.50	.46	.43	.39	.35	.33	.31	.29	.50	.46	.43	.40	.37	.34	.30	.28	.26	.24
2.2	.82	.76	.70	.65	.59	.54	.50	.47	.44	.40	.74	.68	.63	.58	.54	.49	.45	.42	.38	.35	.66	.60	.55	.51	.48	.43	.38	.36	.34	.32	.58	.53	.49	.45	.42	.37	.34	.31	.29	.28	.50	.46	.42	.38	.36	.33	.29	.27	.24	.22
2.4	.82	.75	.69	.64	.58	.53	.48	.45	.41	.37	.73	.67	.61	.56	.52	.47	.43	.40	.36	.33	.65	.60	.54	.50	.46	.41	.37	.35	.32	.30	.58	.53	.48	.44	.41	.36	.32	.30	.27	.26	.50	.46	.42	.37	.35	.31	.27	.25	.23	.21
2.6	.81	.74	.67	.62	.56	.51	.46	.42	.38	.35	.73	.66	.60	.55	.50	.45	.41	.38	.34	.31	.65	.59	.54	.49	.45	.40	.35	.33	.30	.28	.58	.53	.48	.43	.39	.35	.31	.28	.26	.24	.50	.46	.41	.37	.34	.30	.26	.23	.21	.20
2.8	.81	.73	.66	.60	.54	.49	.44	.40	.36	.34	.73	.65	.59	.53	.48	.43	.39	.36	.32	.29	.65	.59	.53	.48	.43	.38	.33	.30	.28	.26	.58	.53	.47	.43	.38	.34	.29	.27	.24	.22	.50	.46	.41	.36	.33	.29	.25	.22	.20	.19
3.0	.80	.72	.64	.58	.52	.47	.42	.38	.34	.30	.72	.65	.58	.52	.47	.42	.37	.34	.30	.27	.64	.58	.52	.47	.42	.37	.32	.29	.27	.24	.57	.52	.46	.42	.37	.32	.28	.25	.23	.20	.50	.45	.40	.36	.28	.24	.24	.21	.19	.17
3.2	.79	.71	.63	.56	.50	.45	.40	.36	.32	.28	.72	.65	.57	.51	.45	.40	.35	.33	.28	.25	.64	.58	.51	.46	.40	.36	.31	.28	.25	.23	.57	.51	.45	.41	.36	.31	.27	.23	.22	.18	.50	.44	.39	.35	.31	.27	.23	.20	.18	.16
3.4	.79	.70	.62	.54	.48	.43	.38	.34	.30	.27	.71	.64	.56	.49	.44	.39	.34	.32	.27	.24	.64	.57	.50	.45	.39	.35	.29	.27	.24	.22	.57	.51	.45	.40	.35	.30	.26	.23	.20	.17	.50	.44	.39	.35	.30	.26	.22	.19	.17	.15
3.6	.78	.69	.61	.53	.47	.42	.36	.32	.28	.25	.71	.63	.54	.48	.43	.38	.32	.30	.25	.23	.63	.56	.49	.44	.38	.33	.28	.25	.22	.20	.57	.50	.44	.39	.34	.29	.25	.22	.20	.16	.50	.44	.39	.34	.29	.25	.21	.18	.16	.14
3.8	.78	.69	.60	.51	.45	.40	.35	.31	.27	.23	.70	.62	.53	.47	.41	.36	.31	.28	.24	.22	.63	.56	.49	.43	.37	.32	.27	.24	.21	.19	.57	.50	.43	.38	.33	.28	.24	.21	.19	.15	.50	.44	.38	.34	.29	.25	.21	.17	.15	.13
4.0	.77	.69	.58	.51	.44	.39	.33	.29	.25	.22	.70	.61	.53	.46	.40	.35	.30	.26	.22	.20	.63	.55	.48	.42	.36	.31	.26	.23	.20	.17	.57	.49	.42	.37	.32	.28	.23	.20	.18	.14	.50	.44	.38	.33	.28	.24	.20	.17	.25	.12
4.2	.77	.62	.57	.50	.43	.37	.32	.28	.24	.21	.69	.60	.52	.45	.39	.34	.29	.25	.21	.18	.62	.55	.47	.41	.35	.30	.25	.22	.19	.16	.56	.49	.42	.37	.32	.27	.22	.19	.17	.14	.50	.43	.37	.32	.28	.24	.20	.17	.14	.12
4.4	.76	.61	.56	.49	.42	.36	.31	.27	.23	.20	.69	.60	.51	.44	.38	.33	.28	.24	.20	.17	.62	.54	.46	.40	.34	.29	.24	.21	.18	.15	.56	.49	.42	.36	.31	.27	.22	.19	.16	.13	.50	.43	.37	.32	.27	.23	.19	.16	.13	.11
4.6	.76	.60	.55	.47	.40	.35	.30	.26	.22	.19	.69	.59	.50	.43	.37	.32	.27	.23	.19	.15	.62	.53	.45	.39	.33	.28	.24	.21	.17	.14	.56	.49	.41	.35	.30	.26	.21	.18	.16	.13	.50	.43	.36	.31	.26	.22	.18	.15	.13	.10
4.8	.75	.59	.54	.46	.39	.34	.28	.25	.21	.18	.68	.58	.49	.42	.36	.31	.26	.22	.18	.14	.62	.53	.45	.38	.32	.27	.23	.20	.16	.13	.56	.48	.41	.34	.29	.25	.21	.18	.15	.12	.50	.43	.36	.31	.26	.22	.18	.15	.12	.09
5.0	.75	.59	.53	.45	.38	.33	.28	.24	.20	.16	.68	.58	.48	.41	.35	.30	.25	.21	.18	.14	.61	.52	.44	.36	.31	.26	.22	.19	.16	.12	.56	.48	.40	.34	.28	.24	.20	.17	.14	.11	.50	.42	.35	.30	.25	.21	.17	.14	.12	.09
6.0	.73	.61	.49	.41	.34	.29	.24	.20	.16	.11	.66	.55	.44	.38	.31	.27	.22	.19	.15	.10	.60	.51	.41	.35	.28	.24	.19	.16	.13	.06	.55	.45	.37	.31	.25	.21	.17	.14	.11	.07	.50	.42	.34	.29	.23	.19	.15	.13	.10	.06
7.0	.70	.58	.45	.38	.30	.27	.21	.18	.14	.08	.64	.53	.41	.35	.28	.24	.19	.16	.12	.07	.58	.48	.38	.32	.26	.22	.17	.14	.11	.06	.54	.43	.35	.30	.24	.20	.15	.12	.09	.05	.49	.41	.32	.27	.21	.18	.14	.11	.08	.05
8.0	.68	.55	.42	.35	.27	.23	.18	.15	.12	.06	.62	.50	.38	.32	.25	.21	.17	.14	.11	.05	.57	.46	.35	.29	.23	.19	.15	.13	.10	.05	.53	.42	.33	.28	.22	.18	.14	.11	.08	.04	.49	.40	.30	.25	.19	.16	.12	.10	.07	.03
9.0	.66	.52	.38	.31	.25	.21	.16	.14	.11	.05	.61	.49	.36	.30	.23	.19	.15	.13	.10	.04	.56	.45	.33	.27	.21	.18	.14	.12	.09	.04	.52	.40	.31	.26	.20	.16	.12	.10	.07	.03	.48	.39	.29	.24	.18	.15	.11	.09	.07	.03
10.0	.65	.51	.36	.29	.22	.19	.15	.11	.09	.04	.59	.46	.33	.27	.21	.18	.14	.11	.08	.03	.55	.43	.31	.25	.19	.16	.12	.10	.08	.03	.51	.39	.29	.24	.18	.15	.11	.09	.07	.02	.47	.37	.27	.22	.17	.14	.10	.08	.06	.02

ตาราง A ค่าประสิทธิผลการสะท้อนแสงของโพรงเพดานและพื้นสำหรับพื้นผิวที่มีการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน (ต่อ)

เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของพื้นที่ (Percent Base Reflectance)	40										30										20										10										0									
เปอร์เซ็นต์การสะท้อนของกำแพง (Percent Wall Reflectance)	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0	90	80	70	60	50	40	30	20	10	0
อัตราส่วนโพรง (Cavity Ratio)																																																		
0.2	.40	.40	.39	.39	.39	.38	.38	.37	.36	.36	.31	.31	.30	.30	.29	.29	.29	.28	.28	.27	.21	.20	.20	.20	.20	.20	.19	.19	.19	.17	.11	.11	.11	.10	.10	.10	.10	.09	.09	.09	.02	.02	.02	.01	.01	.01	.01	.00	.00	0
0.4	.41	.40	.39	.39	.38	.37	.36	.35	.34	.34	.31	.31	.30	.30	.29	.28	.28	.27	.26	.25	.22	.21	.20	.20	.20	.19	.19	.18	.18	.16	.12	.11	.11	.11	.11	.10	.10	.09	.09	.08	.04	.03	.03	.02	.02	.02	.01	.01	.00	0
0.6	.41	.40	.39	.38	.37	.36	.34	.33	.32	.31	.32	.31	.30	.29	.28	.27	.26	.26	.25	.23	.23	.21	.21	.20	.19	.19	.18	.18	.17	.15	.13	.13	.12	.11	.11	.10	.10	.09	.09	.08	.05	.05	.04	.03	.03	.02	.02	.01	.01	0
0.8	.41	.40	.38	.37	.36	.35	.33	.32	.31	.29	.32	.31	.30	.29	.28	.26	.25	.25	.26	.22	.24	.22	.21	.20	.19	.19	.18	.17	.16	.14	.15	.14	.13	.12	.11	.10	.10	.09	.08	.07	.07	.06	.05	.04	.04	.03	.02	.02	.01	0
1.0	.42	.40	.38	.37	.35	.33	.32	.31	.29	.27	.33	.32	.30	.29	.27	.25	.24	.23	.22	.20	.25	.23	.22	.20	.19	.18	.17	.16	.15	.13	.16	.14	.13	.12	.12	.11	.10	.09	.08	.07	.08	.07	.06	.05	.04	.03	.02	.02	.01	0
1.2	.42	.40	.38	.36	.34	.32	.30	.29	.27	.25	.33	.32	.30	.28	.27	.25	.23	.22	.21	.19	.25	.23	.22	.20	.19	.17	.17	.16	.14	.12	.17	.15	.14	.13	.12	.11	.10	.09	.07	.06	.10	.08	.07	.06	.05	.04	.03	.02	.01	0
1.4	.42	.39	.37	.35	.33	.31	.29	.27	.25	.23	.34	.32	.30	.28	.26	.24	.22	.21	.19	.18	.26	.24	.22	.20	.18	.17	.16	.15	.13	.12	.18	.15	.14	.13	.12	.11	.10	.09	.07	.06	.11	.09	.08	.07	.06	.04	.03	.02	.01	0
1.6	.42	.39	.37	.35	.32	.30	.27	.25	.26	.22	.34	.33	.29	.27	.25	.23	.22	.20	.18	.17	.26	.24	.22	.20	.18	.17	.16	.15	.13	.11	.19	.17	.15	.14	.12	.11	.09	.08	.07	.06	.12	.10	.09	.07	.06	.04	.03	.02	.01	0
1.8	.42	.39	.36	.34	.31	.29	.26	.24	.22	.21	.35	.33	.29	.27	.25	.23	.21	.19	.17	.16	.27	.25	.23	.20	.18	.17	.15	.14	.12	.10	.19	.17	.15	.14	.13	.11	.09	.08	.06	.05	.13	.11	.09	.08	.07	.05	.04	.03	.01	0
2.0	.42	.39	.36	.34	.31	.28	.25	.23	.21	.19	.35	.33	.29	.26	.24	.22	.20	.18	.16	.14	.28	.26	.23	.20	.18	.16	.15	.13	.11	.09	.20	.18	.16	.14	.13	.11	.09	.08	.06	.05	.14	.12	.10	.09	.07	.05	.04	.03	.01	0
2.2	.42	.39	.36	.33	.30	.27	.24	.22	.19	.18	.36	.32	.29	.26	.24	.22	.19	.17	.15	.13	.28	.25	.23	.20	.18	.16	.14	.12	.10	.09	.21	.19	.16	.14	.13	.11	.09	.07	.06	.05	.15	.13	.11	.09	.07	.06	.04	.03	.01	0
2.4	.43	.39	.35	.33	.29	.27	.24	.21	.18	.17	.36	.32	.29	.26	.24	.22	.19	.16	.15	.12	.29	.26	.23	.20	.18	.16	.14	.12	.10	.08	.22	.19	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.06	.05	.16	.13	.11	.09	.08	.06	.04	.03	.01	0
2.6	.43	.39	.35	.32	.29	.26	.23	.20	.17	.15	.36	.32	.29	.25	.23	.21	.18	.16	.14	.12	.29	.26	.23	.20	.18	.16	.14	.11	.09	.08	.23	.20	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.06	.04	.17	.14	.12	.10	.08	.06	.05	.03	.02	0
2.8	.43	.39	.35	.32	.28	.25	.22	.19	.16	.14	.37	.33	.29	.25	.23	.21	.17	.15	.13	.11	.30	.27	.23	.20	.18	.15	.13	.11	.09	.07	.23	.20	.18	.16	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.17	.15	.13	.10	.08	.07	.05	.03	.02	0
3.0	.43	.39	.35	.31	.27	.24	.21	.18	.16	.13	.37	.33	.29	.25	.22	.20	.17	.15	.12	.10	.30	.27	.23	.20	.17	.15	.13	.11	.09	.07	.27	.23	.20	.17	.14	.11	.09	.06	.04	.02	.22	.18	.15	.13	.10	.08	.05	.04	.02	0
3.2	.43	.39	.35	.31	.27	.23	.20	.17	.15	.13	.37	.33	.29	.25	.22	.19	.16	.14	.12	.10	.31	.27	.23	.20	.17	.15	.12	.11	.09	.06	.25	.21	.18	.16	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.19	.16	.14	.11	.09	.07	.05	.03	.02	0
3.4	.43	.39	.34	.30	.26	.23	.20	.17	.14	.12	.37	.33	.29	.25	.22	.19	.16	.14	.11	.09	.31	.27	.23	.20	.17	.15	.12	.10	.08	.06	.26	.22	.18	.16	.13	.11	.09	.07	.05	.03	.20	.17	.14	.12	.09	.07	.05	.03	.02	0
3.6	.44	.39	.34	.30	.26	.22	.19	.16	.14	.11	.38	.33	.29	.24	.21	.18	.15	.13	.10	.09	.32	.28	.23	.20	.17	.15	.12	.10	.07	.05	.27	.23	.19	.17	.14	.11	.09	.06	.04	.02	.21	.18	.15	.12	.10	.08	.05	.04	.02	0
3.8	.44	.38	.33	.29	.25	.22	.18	.16	.13	.10	.38	.33	.28	.24	.21	.18	.15	.13	.10	.08	.32	.28	.23	.20	.17	.15	.12	.10	.07	.05	.27	.23	.19	.17	.14	.11	.09	.06	.04	.02	.21	.18	.15	.12	.10	.08	.05	.04	.02	0
4.0	.44	.38	.33	.29	.25	.21	.18	.15	.12	.10	.38	.33	.28	.24	.21	.18	.14	.12	.09	.07	.33	.28	.23	.20	.17	.14	.11	.09	.07	.05	.27	.23	.20	.17	.14	.11	.09	.06	.04	.02	.22	.18	.15	.13	.10	.08	.05	.04	.02	0
4.2	.44	.38	.33	.29	.24	.21	.17	.15	.12	.10	.38	.33	.28	.24	.20	.17	.14	.12	.09	.07	.33	.28	.23	.20	.17	.14	.11	.09	.07	.04	.28	.24	.20	.17	.14	.11	.09	.06	.04	.02	.22	.19	.16	.13	.10	.08	.06	.04	.02	0
4.4	.44	.38	.33	.28	.24	.20	.17	.14	.11	.09	.39	.33	.28	.24	.20	.17	.14	.11	.09	.06	.34	.28	.24	.20	.17	.14	.11	.09	.07	.04	.28	.24	.20	.17	.14	.11	.08	.06	.04	.02	.23	.19	.16	.13	.10	.08	.06	.04	.02	0
4.6	.44	.38	.32	.28	.23	.19	.16	.14	.11	.08	.39	.33	.28	.24	.20	.17	.13	.10	.08	.06	.34	.29	.24	.20	.17	.14	.11	.09	.07	.04	.29	.25	.20	.17	.14	.11	.08	.06	.04	.02	.23	.20	.17	.13	.11	.08	.06	.04	.02	0
4.8	.44	.38	.32	.27	.22	.19	.16	.13	.10	.08	.39	.33	.28	.24	.20	.17	.13	.10	.08	.05	.35	.29	.24	.20	.17	.13	.10	.08	.06	.04	.29	.25	.20	.17	.14	.11	.08	.06	.04	.02	.24	.20	.17	.14	.11	.08	.06	.04	.02	0
5.0	.45	.38	.31	.27	.22	.19	.15	.13	.10	.07	.39	.33	.28	.24	.19	.16	.13	.10	.08	.05	.35	.29	.24	.20	.16	.13	.10	.08	.06	.04	.30	.25	.20	.17	.14	.11	.08	.06	.04	.02	.25	.21	.17	.14	.11	.08	.06	.04	.02	0
6.0	.44	.37	.30	.25	.20	.17	.13	.11	.08	.05	.39	.33	.27	.23	.18	.15	.11	.09	.06	.04	.36	.30	.24	.20	.16	.13	.10	.08	.05	.02	.31	.26	.21	.18	.14	.11	.08	.06	.03	.01	.27	.23	.18	.15	.12	.09	.06	.04	.02	0
7.0	.44	.36	.29	.24	.19	.16	.12	.10	.07	.04	.40	.33	.26	.22	.17	.14	.10	.08	.05	.03	.36	.30	.24	.20	.15	.12	.09	.07	.04	.02	.32	.27	.21	.17	.13	.11	.08	.06	.03	.01	.28	.24	.19	.15	.12	.09	.06	.04	.02	0
8.0	.44	.35	.28	.23	.18	.15	.11	.09	.06	.03	.40	.33	.26	.21	.16	.13	.09	.07	.04	.02	.37	.30	.23	.19	.15	.12	.08	.06	.03	.01	.33	.27	.21	.17	.13	.10	.07	.05	.03	.01	.30	.25	.20	.15	.12	.09	.06	.04	.02	0
9.0	.44	.35	.26	.21	.16	.13	.10	.08	.05	.02	.40	.33	.25	.20	.15	.12	.09	.07	.04	.02	.37	.29	.23	.19	.14	.11	.08	.06	.03	.01	.34	.28	.21	.17	.13	.10	.07	.05	.02	.01	.31	.25	.20	.15	.12	.09	.06	.04	.02	0
10.0	.43	.34	.25	.20	.15	.12	.08	.07	.05	.02	.40	.32	.24	.19	.14	.11	.08	.06	.03	.01	.37	.29	.22	.18	.13	.10	.07	.05	.03	.01	.34	.28	.21	.17	.12	.10	.07	.05	.02	.01	.31	.25	.20	.15	.12	.09	.06	.04	.02	0

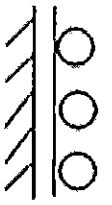
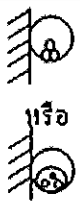
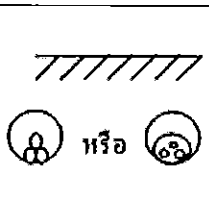
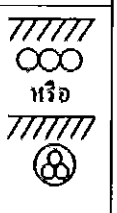
ตาราง B สัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์ของดวงโคม [1]

ลักษณะของดวงโคม	ลักษณะการกระจายความเข้มแสงและอัตราส่วนฟลักซ์ของหลอดไฟ		ρ_{cc}→	80	70	50	30	10	0
			ρ_w→	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	50 30 10	0
	ประเภทของดวงโคม	SC	RCR ↓	ค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์เมื่อค่าประสิทธิผลของการสะท้อนแสงของโพรงพื้นมีค่าเท่ากับ 20 เปอร์เซ็นต์ (ρ_{fc}=20)					
 โคมหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดมีตัวสะท้อนแสงเป็นอะลูมิเนียมมีมุมกั้นแสง 35° และตะแกรงกั้นแสงมีใบทำมุม 35°	II	1.5/1.1	0	.83 .83 .83	.79 .79 .79	.72 .72 .72	.65 .65 .65	.59 .59 .59	.56
	17%↑		1	.75 .72 .70	.72 .69 .67	.65 .64 .62	.60 .59 .58	.55 .54 .53	.50
			2	.67 .63 .60	.65 .61 .58	.59 .57 .54	.55 .53 .51	.50 .49 .47	.45
			3	.61 .56 .52	.58 .54 .51	.54 .50 .48	.50 .47 .45	.46 .44 .42	.40
			4	.55 .49 .45	.53 .48 .44	.49 .45 .42	.45 .42 .40	.42 .39 .47	.36
	$56\frac{1}{2}$% ↓		5	.49 .44 .40	.47 .42 .39	.44 .40 .37	.41 .38 .35	.38 .35 .33	.31
			6	.45 .39 .35	.43 .38 .34	.40 .36 .33	.37 .34 .31	.35 .32 .30	.28
			7	.40 .35 .31	.39 .34 .30	.36 .32 .29	.34 .30 .27	.32 .29 .26	.26
			8	.36 .31 .27	.35 .30 .26	.33 .28 .25	.31 .27 .24	.29 .25 .23	.21
			9	.33 .27 .23	.32 .26 .23	.29 .25 .22	.28 .24 .21	.26 .22 .20	.19
			10	.30 .24 .21	.29 .24 .20	.27 .22 .19	.25 .21 .19	.23 .20 .18	.16

ตาราง C ตัวคูณปรับค่าสำหรับประสิทธิผลของโพรงพื้นในกรณีต่างไปจาก 20% [1]

% ความสะท้อนประสิทธิผลของโพรงเพดาน ρ_{cc}	80				70				50			30			10		
% การสะท้อนแสงของผนัง ρ_w	70	50	30	10	70	50	30	10	50	30	10	50	30	10	50	30	10
สำหรับค่าประสิทธิผลของการสะท้อนของโพรงพื้นมีค่าเท่ากับ 30 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อค่า 20%=1)																	
อัตราส่วนโพรงห้อง (RCR)																	
1	1.092	1.028	1.075	1.068	1.077	1.070	1.064	1.059	1.049	1.044	1.040	1.028	1.026	1.023	1.012	1.010	1.008
2	1.079	1.066	1.055	1.047	1.068	1.057	1.048	1.039	1.041	1.033	1.027	1.026	1.021	1.017	1.013	1.010	1.006
3	1.070	1.054	1.042	1.033	1.016	1.048	1.037	1.028	1.034	1.027	1.020	1.024	1.017	1.012	1.014	1.009	1.005
4	1.062	1.045	1.033	1.024	1.055	1.040	1.029	1.021	1.030	1.022	1.015	1.022	1.015	1.010	1.014	1.009	1.004
5	1.056	1.038	1.026	1.018	1.050	1.034	1.024	1.015	1.027	1.018	1.012	1.020	1.013	1.008	1.014	1.009	1.004
6	1.052	1.033	1.021	1.014	1.047	1.030	1.020	1.012	1.024	1.015	1.009	1.019	1.012	1.006	1.014	1.008	1.003
7	1.047	1.029	1.018	1.011	1.043	1.026	1.017	1.009	1.022	1.013	1.007	1.018	1.010	1.005	1.014	1.008	1.003
8	1.044	1.026	1.015	1.009	1.040	1.024	1.015	1.007	1.020	1.012	1.006	1.017	1.009	1.004	1.013	1.007	1.003
9	1.040	1.024	1.014	1.007	1.037	1.022	1.014	1.006	1.019	1.011	1.005	1.016	1.009	1.004	1.013	1.007	1.002
10	1.037	1.022	1.012	1.006	1.034	1.020	1.012	1.005	1.017	1.010	1.004	1.015	1.009	1.003	1.013	1.007	1.002
สำหรับค่าประสิทธิผลของการสะท้อนของโพรงพื้นมีค่าเท่ากับ 10 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อค่า 20%=1)																	
อัตราส่วนโพรงห้อง (RCR)																	
1	.923	.929	.935	.940	.933	.939	.943	.948	.956	.960	.963	.973	.976	.979	.989	.991	.993
2	.931	.942	.950	.958	.940	.949	.957	.963	.962	.968	.974	.976	.980	.985	.988	.991	.995
3	.939	.951	.961	.969	.945	.957	.966	.973	.967	.975	.981	.978	.983	.988	.988	.992	.996
4	.944	.958	.969	.978	.950	.963	.973	.980	.972	.980	.986	.980	.986	.991	.987	.992	.996
5	.949	.964	.976	.983	.954	.968	.978	.985	.975	.983	.989	.981	.988	.993	.987	.992	.997
6	.953	.969	.980	.986	.958	.972	.982	.989	.977	.985	.992	.982	.989	.995	.987	.993	.997
7	.957	.973	.983	.991	.961	.975	.985	.991	.979	.987	.994	.983	.990	.996	.987	.993	.998
8	.960	.976	.986	.993	.963	.977	.987	.993	.981	.988	.995	.984	.991	.997	.987	.994	.998
9	.963	.978	.987	.994	.965	.979	.989	.994	.983	.990	.996	.985	.992	.998	.988	.994	.999
10	.965	.980	.989	.995	.967	.981	.990	.995	.984	.991	.997	.986	.993	.998	.988	.994	.999
สำหรับค่าประสิทธิผลของการสะท้อนของโพรงพื้นมีค่าเท่ากับ 0 เปอร์เซ็นต์ (เมื่อค่า 20%=1)																	
อัตราส่วนโพรงห้อง (RCR)																	
1	.859	.870	.879	.886	.873	.884	.893	.901	.961	.923	.929	.948	.954	.960	.979	.983	.987
2	.871	.887	.903	.919	.886	.902	.916	.928	.926	.938	.949	.954	.963	.971	.978	.983	.991
3	.882	.904	.915	.942	.898	.918	.934	.947	.936	.950	.964	.958	.969	.979	.976	.984	.993
4	.893	.919	.941	.958	.908	.930	.948	.961	.945	.961	.974	.961	.974	.984	.975	.985	.994
5	.903	.931	.953	.969	.914	.939	.958	.970	.951	.967	.980	.964	.977	.988	.975	.985	.995
6	.911	.940	.961	.976	.920	.945	.965	.977	.955	.972	.985	.966	.979	.991	.975	.986	.996
7	.917	.947	.967	.981	.924	.950	.970	.982	.959	.975	.988	.968	.981	.993	.975	.987	.997
8	.922	.953	.971	.985	.929	.955	.975	.986	.963	.978	.991	.970	.983	.995	.976	.988	.998
9	.928	.958	.975	.988	.933	.959	.980	.989	.966	.980	.993	.971	.985	.996	.976	.988	.998
10	.933	.962	.979	.991	.937	.963	.983	.992	.969	.982	.995	.973	.987	.977	.977	.989	.999

ตาราง D ขนาดของกระแสไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี ตาม มอก.11-2531 อุณหภูมิตัวนำ 70 องศาเซลเซียส ขนาดแรงดัน 300 หรือ 750 โวลต์ อุณหภูมิโดยรอบ 40 องศาเซลเซียสสำหรับวิธีการเดินสาย ก-ค และ 30 องศาเซลเซียสสำหรับวิธีการเดินสาย ง และ จ [3]

ขนาดสาย (ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)						
	วิธีการเดินสาย (หมายเหตุ 1)						
							
	ก	ข	ค		ง		จ
			ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	ท่อโลหะ	ท่ออโลหะ	
0.5	9	8	8	8	10	9	-
1	14	11	11	11	15	13	21
1.5	17	15	14	14	18	16	26
2.5	23	20	18	18	24	21	34
4	31	27	24	24	32	28	45
6	42	35	31	31	42	36	56
10	60	50	43	43	58	50	75
16	81	66	56	56	77	65	97
25	111	89	77	77	103	87	125
35	137	110	95	91	126	105	150
50	169	-	119	114	156	129	177
70	217	-	148	141	195	160	216
95	271	-	187	180	242	200	259
120	316	-	214	205	279	228	294
150	364	-	251	236	322	259	330
185	424	-	287	269	270	296	372
240	509	-	344	329	440	352	431
300	592	-	400	373	508	400	487
400	696	-	474	416	599	455	552
500	818	-	541	469	684	516	623

ตาราง E จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน มอก.11-2531 (THW) ในท่อร้อยสาย [3]

พื้นที่หน้าตัดของสายไฟฟ้า(ตารางมิลลิเมตร)		จำนวนสูงสุดของสายไฟฟ้าขนาดเดียวกันในท่อร้อยสาย											
1		7	13	20	33	-	-	-	-	-	-	-	-
1.5		6	11	17	28	44	-	-	-	-	-	-	-
2.5		4	8	13	22	34	-	-	-	-	-	-	-
4		3	5	9	15	23	36	-	-	-	-	-	-
6		2	4	7	12	19	29	-	-	-	-	-	-
10		1	3	4	7	12	19	32	-	-	-	-	-
16		1	1	3	5	9	14	23	36	-	-	-	-
25		1	1	1	3	5	9	15	23	29	-	-	-
35		-	1	1	3	4	7	12	19	24	30	-	-
50		-	-	1	1	3	5	9	14	17	21	34	-
70		-	-	1	1	2	4	7	10	13	16	26	37
95		-	-	1	1	1	3	5	7	10	12	19	27
120		-	-	-	1	1	2	4	6	8	10	16	23
150		-	-	-	1	1	1	3	5	7	8	13	19
185		-	-	-	-	1	1	2	4	5	6	10	15
240		-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	12
300		-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	6	10
400		-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	8
500		-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	4	6
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยสาย	(มม.)	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150
	(นิ้ว)	1/2	3/4	1	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{2}$	2	$2\frac{1}{2}$	3	$3\frac{1}{2}$	4	5	6

ตาราง F ค่าโหลดของฟลูออเรสเซนต์ [3]

กำลังไฟฟ้า (W)	โหลด (VA)	
	LPF บัลลาสต์	HPF บัลลาสต์
18(20)	90	40
36(40)	100	60

ตาราง G ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 1 เฟส 230V [3]

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTU	
1	12,000	1.5
1.5	18,000	1.7
2	24,000	2.6
3	36,000	4.2

ตาราง H เปอร์เซ็นต์การเผื่อปริมาณงาน [5]

ลำดับ	รายการ	บริษัทผู้รับเหมาแห่งหนึ่ง		บริษัทผู้ออกแบบแห่งหนึ่ง		กรมบัญชีกลาง
		เปอร์เซ็นต์การเผื่อ	เบ็ดเตล็ด	เปอร์เซ็นต์การเผื่อ	เบ็ดเตล็ด	เปอร์เซ็นต์การเผื่อ
1	ท่อร้อยสายไฟฟ้า					
1.1	ความยาวท่อหรือปริมาณท่อร้อยสาย					
	- ท่อร้อยสายประธาน	10%		10%		5 – 10%
	- ท่อร้อยสายป้อน	15%		15%		10 – 15%
	- ท่อร้อยสายวงจรย่อย	15%		15%		15 – 20%
	- ท่อร้อยสายอ่อน	10%		5%		5 – 10%
1.2	อุปกรณ์ประกอบ					
	- ท่อร้อยสายประธาน		10%		12%	
	- ท่อร้อยสายป้อน		15%		12%	
	- ท่อร้อยสายวงจรย่อย		20%		20%	
	- ท่อร้อยสายวงจรย่อย (กันน้ำ)		20%		25%	
2	รางเดินสาย และรางเคเบิล					
	ความยาวหรือปริมาณรางเดินสาย	10%		5%		
	อุปกรณ์ประกอบ		20%		35%	
3	สายไฟฟ้า					
3.1	ความยาวท่อหรือปริมาณสายไฟฟ้า					
	- สายประธาน	10%		10%		5 – 10%
	- สายป้อน	15%		10%		10 – 15%
	- สายวงจรย่อย	15%		10%		15 – 20%
3.2	อุปกรณ์ประกอบ					
	- สายประธาน		5%		8%	
	- สายป้อน		5%		8%	
	- สายวงจรย่อย		10%		15%	
4	บัสเวย์					
	- ความยาวหรือปริมาณบัสเวย์	5%		5%		
	อุปกรณ์ประกอบ		20%		35%	
5	โคมไฟฟ้า					
	- อุปกรณ์ประกอบ		5-10%		5%	

ตาราง H เปอร์เซ็นต์การเผื่อปริมาณงาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	บริษัทผู้รับเหมาแห่งหนึ่ง		บริษัทผู้ออกแบบแห่งหนึ่ง		กรมบัญชีกลาง
		เปอร์เซ็นต์การเผื่อ	เบ็ดเตล็ด	เปอร์เซ็นต์การเผื่อ	เบ็ดเตล็ด	เปอร์เซ็นต์การเผื่อ
6	ระบบต่อลงดินและป้องกันฟ้าผ่า					
	- ความยาวหรือปริมาณสายตัวนำ	15%		10%		
	- อุปกรณ์ประกอบ		20%		35%	
7	ระบบโทรศัพท์					
7.1	ความยาวท่อหรือปริมาณท่อร้อยสาย					
	- ท่อร้อยสายประธาน	10%		10%		5 - 10%
	- ท่อร้อยสายป้อน	15%		10%		5 - 10%
	- ท่อร้อยสายจากแผงกระจายสายไปยังเต้ารับ	15%		15%		10 - 15%
7.2	อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย					
	- ท่อร้อยสายประธาน		10%		12%	
	- ท่อร้อยสายป้อน		15%		12%	
	- ท่อร้อยสายจากแผงกระจายสายไปยังเต้ารับ		20%		20%	
7.3	รางเดินสาย					
	- ความยาวหรือปริมาณรางเดินสาย	10%		5%		
	- อุปกรณ์ประกอยรางเดินสาย		20%		35%	
7.4	สายโทรศัพท์					
	- สายประธาน	10%		10%		5 - 10%
	- สายป้อน	15%		10%		5 - 10%
	- สายจากแผงกระจายสายไปยังเต้ารับ	15%		20%		10 - 15%
7.5	อุปกรณ์ประกอบ					
	- สายประธานและสายป้อน		5%		5%	
	- สายจากแผงกระจายสายไปยังเต้ารับ		5%		5%	
8	ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้					
8.1	ความยาวท่อหรือปริมาณท่อร้อยสาย	10%		15%		10 – 15%
8.2	อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย		20%		20%	
8.3	ความยาวหรือปริมาณรางเดินสาย	5%		5%		
8.4	อุปกรณ์ประกอบรางเดินสาย		20%		35%	

ตาราง H เปอร์เซ็นต์การเผื่อปริมาณงาน (ต่อ)

ลำดับ	รายการ	บริษัทผู้รับเหมาแห่งหนึ่ง		บริษัทผู้ออกแบบแห่งหนึ่ง		กรมบัญชีกลาง
		เปอร์เซ็นต์การเผื่อ	เบ็ดเตล็ด	เปอร์เซ็นต์การเผื่อ	เบ็ดเตล็ด	เปอร์เซ็นต์การเผื่อ
8.5	ความยาวหรือปริมาณสายสัญญาณ	15%		15%		10 – 15%
8.6	อุปกรณ์ประกอบสายสัญญาณ		5%		5%	
9	ระบบสัญญาณโทรทัศน์					
9.1	ความยาวท่อหรือปริมาณท่อร้อยสาย	10%		15%		
9.2	อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย		20%		20%	
9.3	ความยาวหรือปริมาณรางเดินสาย	5%		5%		
9.4	อุปกรณ์ประกอบรางเดินสาย		20%		35%	
9.5	ความยาวหรือปริมาณสายสัญญาณ	15%		15%		
9.6	อุปกรณ์ประกอบสายสัญญาณ		5%		5%	
10	ระบบกระจายเสียง					
10.1	ความยาวท่อหรือปริมาณท่อร้อยสาย	10%		15%		
10.2	อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย		20%		20%	
10.3	ความยาวหรือปริมาณรางเดินสาย	5%		5%		
10.4	อุปกรณ์ประกอบรางเดินสาย		20%		35%	
10.5	ความยาวหรือปริมาณสายสัญญาณ	15%		15%		
10.6	อุปกรณ์ประกอบสายสัญญาณ		5%		5%	
11	ระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์					
11.1	ความยาวท่อหรือปริมาณท่อร้อยสาย	10%		15%		
11.2	อุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสาย		20%		20%	
11.3	ความยาวหรือปริมาณรางเดินสาย	5%		5%		
11.4	อุปกรณ์ประกอบรางเดินสาย		20%		35%	
11.5	ความยาวหรือปริมาณสายสัญญาณ	15%		15%		
11.6	อุปกรณ์ประกอบสายสัญญาณ		5%		5%	

ตาราง I

คุณสมบัติระบายความร้อนโดยทั่วไปของอาคาร

Typical Thermal Properties of Common Building and Insulating Materials—Design Values[a]

Description	Thickness, in.	Density ρ, lbm/ft^3	Conductivity k, (Btu-in.)/(hr-ft^2-F)	Conductance C, Btu/(hr-ft^2-F)	Specific Heat, Btu/(lbm-F)
Building Board					
Asbestos–cement board	0.25	120	—	16.50	0.24
Gypsum or plaster board	0.375	50	—	3.10	0.26
Gypsum or plaster board	0.50	50	—	2.22	0.26
Plywood (Douglas fir)	—	34	0.80	—	—
Plywood (Douglas fir)	0.25	34	—	3.20	—
Plywood (Douglas fir)	0.375	34	—	2.13	—
Plywood (Douglas fir)	0.50	34	—	1.60	—
Plywood or wood panels	0.75	34	—	1.07	0.29
Vegetable fiber board					
Sheathing, regular density	0.50	18	—	0.76	0.31
Sheathing intermediate density	0.50	22	—	0.92	0.31
Sound deadening board	0.50	15	—	0.74	0.30
Hardboard					
Medium density	—	50	0.73	—	0.32
Service grade	—	55	0.82	—	
High-density, standard tempered grade	—	63	1.00	—	—
Particle board					
Medium density	—	50	0.94	—	0.31
Underlayment	0.625	40	—	1.22	0.29
Wood subfloor	0.75	—	—	1.06	0.33
Building Membrane					
Vapor-permeable felt	—	—	—	16.70	—
Vapor-seal, 2 layers of mopped 15 lb felt	—	—	—	8.35	—
Finish Flooring Materials					
Carpet and fibrous pad	—	—		0.48	0.34
Carpet and rubber pad	—	—	—	0.81	0.33
Tile—asphalt, linoleum, vinyl, rubber	—	—	—	20.00	0.30
Wood, hardwood finish	0.75	—	—	1.47	—
Insulating Materials					
Blanket and Batt					
Mineral fiber, fibrous form processed from rock, slag, or glass					
approx. 3–4 in.	—	0.4–2.0	—	0.091	—
approx. 3.5 in.	—	1.2–1.6	—	0.067	—
approx. 5.5–6.5 in.	—	0.4–2.0	—	0.053	—
approx. 5.5 in.	—	0.6–1.0	—	0.048	—
approx. 6–7.5 in.	—	0.4–2.0	—	0.045	—
approx 8.25–10 in.	—	0.4–2.0	—	0.033	—

continues

ตาราง I (ต่อ)

คุณสมบัติระบายความร้อนโดยทั่วไปของอาคาร

Description	Thickness, in.	Density ρ, lbm/ft^3	Conductivity k, (Btu-in.)/(hr-ft^2-F)	Conductance C, Btu/(hr-ft^2-F)	Specific Heat, Btu/(lbm-F)
Board and Slabs					
Cellular glass	—	8.0	0.33	—	0.18
Glass fiber, organic bonded	—	4.0–9.0	0.25	—	0.23
Expanded polystyrene, molded beads.	—	1.0	0.36	—	—
Mineral fiber with resin binder	—	15.0	0.29	—	0.17
Core or roof insulation	—	16–17	0.34	—	—
Acoustical tile	0.50	—	—	0.80	0.31
Acoustical tile	0.75	—	—	0.53	—
Loose Fill					
Cellulosic insulation (milled paper or wood pulp)	—	2.3–32	0.27–0.32	—	0.33
Perlite, expanded	—	2.0–4.1	0.27–0.31	—	0.26
	—	4.1–7.4	0.31–0.36	—	—
	—	7.4–11.0	0.36–0.42	—	—
Mineral fiber (rock, slag, or glass)					
approx. 3.75–5 in.	—	0.6–2.0	—	0.091	0.17
approx. 6.3–8.75 in.	—	0.6–2.0	—	0.053	—
approx. 7.5–10 in.	—	0.6–2.0	—	0.045	—
approx. 10.25–13.75 in.	—	0.6–2.0	—	0.033	—
Mineral fiber (rock, slag, or glass)					
approx. 3.5 in. (closed sidewall application)	—	2.0–3.5	—	0.077	—
Vermiculite, exfoliated	—	7.0–8.2	0.47	—	0.32
	—	4.0–6.0	0.44	—	—
Metals					
Aluminum (1100)	—	171	1536	—	0.214
Steel, mild	—	489	314	—	0.12
Steel, stainless	—	494	108	—	0.109
Roofing					
Asbestos-cement shingles	—	120	—	4.76	0.24
Asphalt roll roofing	—	70	—	6.50	0.36
Asphalt shingles	—	70	—	2.27	0.30
Built-up roofing	0.375	70	—	3.00	0.35
Slate	0.50	—	—	20.00	0.30
Wood shingles, plain and plastic-film-faced	—	—	—	1.06	0.31
Plastering Materials					
Cement plaster, sand aggregate	—	116	5.0	—	0.20
Sand aggregate	0.375	—	—	13.3	0.20
Sand aggregate	0.75	—	—	6.66	0.20
Gypsum plaster					
Lightweight aggregate	0.50	45	—	3.12	—
Lightweight aggregate	0.625	45	—	2.67	—
Lightweight aggregate on metal lath	0.75	—	—	2.13	—

continues

ตาราง I (ต่อ)

คุณสมบัติระบายความร้อนโดยทั่วไปของอาคาร

Description	Thickness, in.	Density ρ, lbm/ft³	Conductivity k, (Btu-in.)/(hr-ft²-F)	Conductance C, Btu/(hr-ft²-F)	Specific Heat, Btu/(lbm-F)
Masonry Materials					
Masonry Units					
Brick, fired clay	—	130	6.4–7.8	—	—
	—	120	5.6–6.8	—	0.19
Clay tile, hollow					
1 cell deep	4	—	—	0.90	0.21
2 cells deep	6	—	—	0.66	—
3 cells deep	8	—	—	0.54	—
Concrete blocks					
Normal weight aggregate (sand and gravel), 8 in., 33–36 lb, 126–136 lb/ft³ concrete, 2 or 3 cores	—	—	—	0.90–1.03	0.22
Lightweight aggregate (expanded shale, clay, slate or slag, pumice), 6 in., 16–17 lb, 85–87 lb/ft³ concrete, 2 or 3 cores	—	—	—	0.52–0.61	—
Same with vermiculite-filled cores, 8 in., 19–22 lb, 72–86 lb/ft³ concrete	—	—	—	0.33	—
Same with vermiculite-filled cores	—	—	—	0.32–0.54	0.21
Concretes	—	—	—	0.19–0.26	—
Sand and gravel or stone aggregate concretes	—	150	10.0–20.0	—	—
(concretes with more than 50% quartz or quartzite sand have conductivities in the higher end of the range)	—	140	9.0–18.0	—	0.19–0.24
	—	130	7.0–13.0	—	—
Limestone concretes	—	120	7.9	—	—
	—	100	5.5	—	—
Cement/lime, mortar, and stucco	—	100	6.7	—	—
	—	80	4.3	—	—
Lightweight aggregate concretes	—	120	6.4–9.1	—	—
Expanded shale, clay, or slate; expanded slags; cinders; pumice (with density up to 100 lb/ft³); and scoria (sanded concretes have conductivities in the higher end of the range)	—	100	4.7–6.2	—	0.20
	—	80	3.3–4.1	—	0.20
Siding Materials (on Flat Surface)					
Asbestos-cement shingles	—	120	—	4.75[a]	—
Wood, drop, 1 × 8 in.	—	—	—	1.27	0.28
Aluminum, steel, or vinyl, over sheathing, hollow-backed	—	—	—	1.64	0.29
Insulating-board-backed, nominal 0.375 in.	—	—	—	0.55	0.32
Insulating-board-backed, nominal 0.375 in., foil backed	—	—	—	0.34	—
Architectural (soda–lime float) glass	—	158	6.9	—	0.21
Woods (12% Moisture Content)					
Hardwoods					
Oak	—	41.2–46.8	1.12–1.25	—	0.39
Softwoods					
Hemlock, fir, spruce, pine	—	24.5–31.4	0.74–0.90	—	0.39

[a]Values are for a mean temperature of 75 F and are representative of dry materials for design but may differ depending on installation and workmanship.

Source: Reprinted with permission from *ASHRAE Handbook, Fundamentals Volume*, 1997.

ตาราง J

อุณหภูมิความแตกต่างของภาระการทำความเย็นในการคำนวณสำหรับหลังคา

Description of construction	Weight, lb/ft²	U value, Btu/(h · ft² · °F)	Solar time, h													
			7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Without Suspended Ceiling																
1-in wood with 1-in insulation	8	0.170	−2	4	14	27	39	52	62	70	74	74	70	62	51	38
4-in lightweight concrete	18	0.213	−3	1	9	20	32	44	55	64	70	73	71	66	57	45
4-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	52 (52)	0.200 (0.120)	8	8	10	14	20	26	33	40	46	50	53	53	52	48
4-in wood with 1-in (or 2-in) insulation	17 (18)	0.106 (0.078)	22	20	18	17	16	17	18	21	24	28	32	36	39	41
With Suspended Ceiling																
1-in wood with 1-in insulation	10	0.115	2	3	7	13	21	30	40	48	55	60	62	61	58	51
4-in lightweight concrete	20	0.134	0	0	4	10	19	29	39	48	56	62	65	64	61	54
4-in heavyweight concrete with 1-in (or 2-in) insulation	53 (54)	0.128 (0.090)	21	20	20	21	22	24	27	29	32	34	36	38	38	39
4-in wood with 1-in (or 2-in) insulation	19 (20)	0.082 (0.064)	27	26	24	23	22	21	22	22	24	25	27	30	32	34

SOURCE: Copyright 1985, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., www.ashrae.org. Abstracted by permission from ASHRAE Handbook, *1985 Fundamentals* Chap. 26, Table 5.

For limitations and adjustments see notes in the Handbook table. (Subsequent editions provide more extensive data.)

ตาราง K

ความต้องการอากาศกลางแจ้งสำหรับการระบายอากาศ

Application	Est. Max.[b] Occupancy, persons per 1000 ft² or 100 m²	Outdoor-Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/ (s-person)	cfm/ft²	L/(s-m²)	
Food and Beverage Service						
Dining rooms	70	20	10			
Cafeteria, fast food	100	20	10			
Kitchens (cooking)	20	15	8			Makeup air for hood exhaust may require more ventilation air. The sum of the outdoor air and transfer air of acceptable quality from adjacent spaces shall be sufficient to provide an exhaust rate of not less than 1.5 cfm/ft² [7.5L(s-m²)].
Garages, Repair, Service Stations						
Enclosed parking garage				1.50	7.5	Distribution among people must consider worker location and concentration of running engines; stands where engines are run must incorporate systems for positive engine exhaust withdrawal. Contaminant sensors may be used to control ventilation.
Auto repair rooms				1.50	7.5	
Hotels, Motels, Resorts, Dormitories						
				Cfm/ room	L/ (s-room)	Independent of room size.
Bedrooms				30	15	
Living rooms				30	15	
Baths				35	18	Installed capacity for intermittent use.
Lobbies	30	15	8			
Conference rooms	50	20	10			
Assembly rooms	120	15	8			
Dormitory sleeping areas	20	15	8			See also food and beverage services, merchandising, barber and beauty shops, garages.

continues

ตาราง K (ต่อ)

ความต้องการอากาศกลางแจ้งสำหรับการระบายอากาศ

Application	Est. Max.[b] Occupancy, persons per 1000 ft² or 100 m²	Outdoor-Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/ (s·person)	cfm/ft²	L/(s·m²)	
Offices						
Office space	7	20	10			Some office equipment may require local exhaust.
Reception areas	60	15	8			
Telecommunication centers and data entry areas	60	20	10			
Conference rooms	50	20	10			Supplementary smoke-removal equipment may be required.
Public Spaces						
Corridors and utilities				0.05	0.25	
Public restrooms, cfm/wc or cfm/urinal		50	25	0.5	2.5	Normally supplied by transfer air.
Retail Stores, Sales Floors, and Show Room Floors						
Basement and street	30			0.30	1.50	
Upper floors	20			0.20	1.00	
Storage rooms	15			0.15	0.75	
Malls and arcades	20			0.20	1.00	
Warehouses	5			0.05	0.25	
Specialty Shops						
Barber	25	15	8			
Beauty	25	25	13			
Clothiers, furniture				0.30	1.50	
Hardware, drugs, fabric	8	15	8			
Supermarkets	8	15	8			
Pet Shops				1.00	5.00	
Sports and Amusement						
Spectator areas	150	15	8			When internal combustion engines are operated for maintenance of playing surfaces, increased ventilation rates may be required.
Game rooms	70	25	13			
Ice arenas (playing areas)				0.50	2.50	
Swimming pools (pool and deck area)				0.50	2.50	Higher values may be required for humidity control.

ตาราง K (ต่อ)

ความต้องการอากาศกลางแจ้งสำหรับการระบายอากาศ

Application	Est. Max.[b] Occupancy, persons per 1000 ft² or 100 m²	Outdoor-Air Requirements				Comments
		cfm/ person	L/ (s-person)	cfm/ft²	L/(s-m²)	
Theaters						
Ticket booths	60	20	10			Special ventilation will be needed to eliminate special stage effects (e.g., dry-ice vapors, mists, etc.)
Lobbies	150	20	10			
Auditorium	150	15	8			
Stages, studios	70	15	8			
Workrooms						
Darkrooms	10			0.50	2.50	
Pharmacy	20	15	8			
Duplicating, printing				0.50	2.50	Installed equipment must incorporate positive exhaust and control (as required) of undesirable contaminants (toxic or otherwise).
Institutional Facilities						
Education						
Classroom	50	15	8			
Laboratories	30	20	10			Special contaminant control systems may be required for processes or functions including laboratory animal occupancy.
Music rooms	50	15	8			
Libraries	20	15	8			
Locker rooms				0.50	2.50	
Corridors				0.10	0.50	
Auditoriums	150	15	8			
Hospitals, Nursing and Convalescent Homes						
Patient rooms	10	25	13			Special requirements or codes and pressure relationships may determine minimum ventilation
Medical procedure	20	15	8			
Operating rooms	20	30	15			

[a]Supply rates of acceptable outdoor air required for acceptable indoor air quality. These values have been chosen to control CO_2 and other contaminants with an adequate margin of safety and to allow for health variations among people, varied activity levels, and a moderate amount of smoking.
[b]Net occupiable space.

Source: ASHRAE Standard 62-1999 © 1999, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.

ตาราง L

อัตราการแผ่ความร้อนจากผู้อยู่อาศัย

Degree of Activity	Typical Application	Total Heat Adults, Male Btu/hr	Total Heat Adults, Male W	Total Heat Adjusted[b] Btu/hr	Total Heat Adjusted[b] W	Sensible Heat Btu/hr	Sensible Heat W	Latent Heat Btu/hr	Latent Heat W
Seated at theater	Theater—matinee	390	114	330	97	225	66	105	31
Seated at theater	Theater—evening	390	114	350	103	245	72	105	31
Seated, very light work	Offices, hotels, apartments	450	132	400	117	245	72	155	45
Moderately active office work	Offices, hotels, apartments	475	139	450	132	250	73	200	59
Standing, light work; walking	Department store, retail store	550	162	450	132	250	73	200	59
Walking; standing	Drugstore, bank	550	162	500	146	250	73	250	73
Sedentary work[c]	Restaurant	490	144	550	162	275	81	275	81
Light bench work	Factory	800	235	750	220	275	81	475	139
Moderate dancing	Dance hall	900	264	850	249	305	89	545	160
Walking 3 mph; light machine work	Factory	1000	293	1000	293	375	110	625	183
Bowling[d]	Bowling alley	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Heavy work	Factory	1500	440	1450	425	580	170	870	255
Heavy machine work; lifting	Factory	1600	469	1600	469	635	186	965	283
Athletics	Gymnasium	2000	586	1800	528	710	208	1090	320

[a]Tabulated values are based on 75 F room dry bulb temperature. For 80 F room dry bulb, the total heat remains the same, but the sensible heat values should be decreased by approximately 20 percent, and the latent heat values increased accordingly.

[b]*Adjusted heat gain* is based on normal percentage of men, women, and children for the application listed, with the postulate that the gain from an adult female is 85 percent of that for an adult male, and that the gain from a child is 75 percent of that for an adult male.

[c]Adjusted total gain for *sedentary work, restaurant*, includes 60 Btu/hr for food per individual (30 Btu/hr sensible and 30 Btu/hr latent).

[d]For *bowling*, figure one person per alley actually bowling, and all others sitting (400 Btu/hr) or standing and walking slowly (550 Btu/hr).

Source: Reprinted by permission from *ASHRAE Cooling and Heating Load Calculation Manual*, 2nd ed., 1992.

ตาราง M ค่าคงที่ของการหาปริมาณอากาศที่ถ่ายเท โดย Air Chang Method

จำนวนหน้าต่างในห้อง	ค่าคงที่ของการหาปริมาณอากาศที่ถ่ายเทเข้าในห้อง
ไม่มีหน้าต่างหรือประตูที่ติดต่อกับภายนอก	0.75
มีหน้าต่างหรือประตูบนผนัง 1 ด้าน	1.00
มีหน้าต่างหรือประตูบนผนัง 2 ด้าน	1.50
มีหน้าต่างหรือประตูบนผนัง 3 หรือ 4 ด้าน	2.00
ร้านค้า	2.00

แบบประเมินการตรวจสอบคุณภาพรายงานโดยผู้เชี่ยวชาญ

หัวข้อ : การตรวจสอบระบบไฟฟ้าชั้น 4 อาคารสำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตอนที่ 1 สถานภาพของผู้ทำการประเมิน

เพศ : ☑ ชาย ☐ หญิง

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจ

หัวข้อการประเมิน	ดีมาก (3)	ปานกลาง (2)	ปรับปรุง (1)	ข้อเสนอแนะ
วัตถุประสงค์ของโครงงาน	✓			
ระยะเวลาในการดำเนินงาน		✓		
ประโยชน์ที่คาดว่าน่าจะได้รับ	✓			
ระบบแสงสว่าง	✓			
ระบบเต้ารับ	✓			
ระบบปรับอากาศ	✓			
ระบบเครือข่าย		✓		
ระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้	✓			
ระบบฟ้าผ่า	✓			
การประมาณราคา	✓			

ข้อเสนอแนะอื่นๆ :

.....

.....

เกณฑ์การพิจารณา :30-26 คะแนน สามารถนำองค์ความรู้ไปประกอบวิชาชีพในอนาคตได้

25-20 คะแนน ควรมีการปรับแก้ไขในบางระบบ

ต่ำกว่า 19 คะแนน ควรศึกษาค้นคว้าหาความรู้ให้มากยิ่งขึ้น

☑ ผ่าน ☐ ไม่ผ่าน

ลงชื่อ.....ชัชพงศ์ สิทธิทูล.....

(.....นายชัชพงศ์ สิทธิทูล.....)

ระดับใบประกอบวิชาชีพวิศวกร.....ภาคีวิศวกร.....

ภาคผนวก ข.

ข้อกำหนดในการออกแบบ

2.9 มาตรฐานเต้ารับ-เต้าเสียบ

เต้ารับ-เต้าเสียบต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.166-2549 และ มอก.2162-2547

2.10 มาตรฐานแผงสวิตช์สำหรับระบบแรงต่ำ

แผงสวิตช์สำหรับระบบแรงต่ำที่เป็นโลหะต้องเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.1436-2540 หรือที่ได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ

บทที่ 3
ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย

ในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าในระบบแรงต่ำ วงจรย่อยถือเป็นส่วนสำคัญที่ต้องตรวจสอบข้อมูลโหลดตามลักษณะการใช้งาน เพื่อคำนวณและออกแบบกำหนดขนาดตัวนำ การป้องกันกระแสเกิน และต้องทำการป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่บริเวณใช้งานด้วย สำหรับสายป้อน ค่าดีมานด์แฟกเตอร์จะนำไปใช้คำนวณโหลดของสายป้อน เพื่อกำหนดขนาดตัวนำและการป้องกันกระแสเกินของสายป้อนให้มีขนาดเหมาะสมและใช้งานได้เพียงพอ ทั้งนี้ตัวนำประธานและบริภัณฑ์ประธาน ได้มีข้อกำหนดเพื่อให้ระบบไฟฟ้าดังกล่าวทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

3.1 วงจรย่อย

3.1.1 ขอบเขต

ให้ใช้กับวงจรย่อยสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือทั้งไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้ารวมกัน ยกเว้นวงจรย่อยสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า (ดูบทที่ 6 เรื่องวงจรมอเตอร์)

3.1.2 ขนาดพิกัดวงจรย่อย

ขนาดพิกัดวงจรย่อยให้เรียกตามขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้ตัดกระแสสำหรับวงจรนั้นๆ วงจรย่อยซึ่งมีจุดจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปต้องมีขนาดไม่เกิน 50 แอมแปร์

ยกเว้น อนุญาตให้วงจรย่อยซึ่งมีจุดจ่ายไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปที่ไม่ใช่โหลดแสงสว่างมีพิกัดเกิน 50 แอมแปร์ได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีบุคคลที่มีคุณสมบัติคอยดูแลและบำรุงรักษา

3.1.3 ขนาดตัวนำของวงจรย่อย

ตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ ตามข้อ 3.1.6 และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย และกำหนดให้ขนาดตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม.

3.1.4 การป้องกันกระแสเกิน

วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

3.1.5 โหลดสำหรับวงจรย่อย

วงจรย่อยซึ่งมีจุดต่อไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป ลักษณะของโหลดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

3.1.5.1 วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ โหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบแต่ละเครื่องจะต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย กรณีมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบรวมอยู่ด้วยโหลดที่ติดตั้งถาวรรวมกันแล้วจะต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย

3.1.5.2 วงจรย่อยขนาด 25 ถึง 32 แอมแปร์ ให้ใช้กับดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์ หรือใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าซึ่งไม่ใช่ดวงโคม ขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใช้เต้าเสียบแต่ละเครื่องจะต้องมีขนาดไม่เกินร้อยละ 80 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย

3.1.5.3 วงจรย่อยขนาดเกิน 32 ถึง 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์หรือใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวร

3.1.5.4 วงจรย่อยขนาดเกินกว่า 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับโหลดที่ไม่ใช่แสงสว่างเท่านั้น

3.1.6 การคำนวณโหลดสำหรับวงจรย่อย

โหลดสำหรับวงจรย่อยต้องคำนวณตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

3.1.6.1 วงจรย่อยต้องมีขนาดไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรนั้น

3.1.6.2 โหลดแสงสว่างและโหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่ทราบแน่นอนให้คำนวณตามที่ติดตั้งจริง

3.1.6.3 โหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป ให้คำนวณโหลดจุดละ 180 โวลต์แอมแปร์ ทั้งชนิด เต้าเดี่ยว (Single) เต้าคู่ (Duplex) และชนิดสามเต้า (Triplex)

3.1.6.4 โหลดของเต้ารับอื่นที่ไม่ได้ใช้งานทั่วไป ให้คำนวณโหลดตามขนาดของเครื่องใช้ไฟฟ้านั้นๆ

3.1.7 เต้ารับ

3.1.7.1 เต้ารับที่อยู่ในวงจรย่อยต้องเป็นแบบมีขั้วสายดินและต้องต่อลงดินตามบทที่ 4

3.1.7.2 เต้ารับในสถานที่เดียวกันแต่ใช้แรงดันต่างกัน หรือเพื่อวัตถุประสงค์ในการใช้งานต่างกัน ต้องจัดทำเพื่อให้เต้าเสียบไม่สามารถสลับกันได้

3.1.8 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในสถานที่อยู่อาศัยและที่คล้ายคลึงกัน

3.1.8.1 ต้องมีการป้องกันวงจรไฟฟ้าหรือวงจรเต้ารับโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วขนาด $I\Delta n$ ไม่เกิน 30 มิลลิแอมแปร์ สำหรับการใช้ไฟฟ้าในบริเวณดังนี้

3.1.8.1.1 ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ โรงจอดรถยนต์ ห้องครัว ห้องใต้ดิน

3.1.8.1.2 อ่างล้างชาม อ่างล้างมือ (บริเวณพื้นที่เคาน์เตอร์ ที่มีการติดตั้งเต้ารับภายในระยะ 1.5 เมตร ห่างจากขอบด้านนอกของอ่าง)

3.1.8.1.3 ภายนอกอาคาร

3.1.8.2 วงจรย่อยสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าดังต่อไปนี้ นอกจากมีสายดินบริภัณฑ์และติดตั้งตามบทที่ 4 แล้ว ต้องมีการป้องกันโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่ว ขนาด $I\Delta n$ ไม่เกิน 30 มิลลิแอมแปร์ เพิ่มเติม ได้แก่ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน อ่างอาบน้ำวน

3.1.9 การป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ต้องมีการป้องกันวงจรย่อยเต้ารับโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วขนาด $I\Delta n$ ไม่เกิน 30 มิลลิแอมแปร์ สำหรับสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยตามที่ระบุไว้ในมาตรฐานนี้และเพิ่มเติมในบริเวณดังต่อไปนี้

3.1.9.1 ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ ห้องครัว

3.1.9.2 สระหรืออ่างกายภาพบำบัด ธาราบำบัด อ่างน้ำแร่ (Spa) อ่างน้ำร้อน (Hot tub) อ่างนวดตัว

3.1.9.3 สถานที่ทำงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง บนดาดฟ้า อู่ซ่อมรถ

3.1.9.4 ท่าจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ ที่ทำการเกษตร พืชสวนและปศุสัตว์

3.1.9.5 การแสดงเพื่อการพักผ่อนในที่สาธารณะกลางแจ้ง

3.1.9.6 งานแสดงหรือขายสินค้าและที่คล้ายคลึงกัน

3.2 สายป้อน

3.2.1 ขนาดตัวนำของสายป้อน

สายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้และไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และกำหนดให้ขนาดตัวนำของสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

3.2.2 การป้องกันกระแสเกิน

สายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

3.2.3 การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อน

โหลดของสายป้อนต้องคำนวณตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

3.2.3.1 สายป้อนต้องมีขนาดกระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลดและต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

3.2.3.2 โหลดแสงสว่าง อนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 3-1

3.2.3.3 โหลดของเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย อนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 3-2 ได้เฉพาะโหลดของเต้ารับที่มีการคำนวณโหลดแต่ละเต้ารับไม่เกิน 180 โวลต์แอมแปร์

3.2.3.4 โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป อนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 3-3 ได้

3.2.3.5 เต้ารับในอาคารที่อยู่อาศัยที่ต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทราบโหลดแน่นอน ให้คำนวณโหลดจากเต้ารับที่มีขนาดสูงสุด 1 เครื่องรวมกับร้อยละ 40 ของขนาดโหลดในเต้ารับที่เหลือ

3.2.3.6 ดีมานด์แฟกเตอร์นี้ให้ใช้กับการคำนวณสายป้อนเท่านั้นห้ามใช้กับการคำนวณวงจรย่อย

ตารางที่ 3-1
ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (โวลต์-แอมแปร์)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 2,000	100
	ส่วนเกิน 2,000	35
โรงพยาบาล*	ไม่เกิน 50,000	40
	ส่วนเกิน 50,000	20
โรงแรม รวมถึง ห้องชุด ที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัยประกอบอาหารได้*	ไม่เกิน 20,000	50
	20,001-100,000	40
	ส่วนเกิน 100,000	30
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500	100
	ส่วนเกิน 12,500	50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

หมายเหตุ * ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางนี้ ห้ามใช้สำหรับโหลดแสงสว่างในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาลหรือโรงแรม ซึ่งบางขณะจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่างพร้อมกัน เช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหารหรือห้องโถง ฯลฯ

ตารางที่ 3-2
ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับรวม (คำนวณโหลดเต้ารับละ 180 VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
10 kVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10 kVA	50

ตารางที่ 3-3
ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทของโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 แอมแปร์ + ร้อยละ 30 ของ ส่วนที่เกิน 10 แอมแปร์
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
2. อาคารสำนักงาน และร้านค้ารวมถึง ห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + ร้อยละ 80 ของตัวใหญ่รองลงมา + ร้อยละ 60 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำน้ำร้อน	ร้อยละ 100 ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	ร้อยละ 100
3. โรงแรมและ อาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำน้ำร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศ ประเภทแยกแต่ละห้อง	ร้อยละ 75

หมายเหตุ สำหรับเครื่องปรับอากาศแบบส่วนกลาง (Central) ให้ดูค่าดีมานด์แฟกเตอร์ที่แนะนำไว้ในภาคผนวก ฌ.

3.2.4 ขนาดตัวนำนิวทรัล (Neutral)

ขนาดตัวนำนิวทรัล ต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าตามข้อ 4.20 กรณีระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ขนาดของตัวนำนิวทรัลมีข้อกำหนดดังนี้

3.2.4.1 กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 แอมแปร์ ขนาดกระแสของตัวนำนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่าขนาดกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดนั้น

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นายวุฒิพร อนุกูล

ภูมิลำเนา 25/3 ม.9 ต.บ้านแก่ง อ.ศรีสัชนาลัย จ.สุโขทัย

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบ้านแก่งวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **wuttiporna54@email.nu.ac.th**

ชื่อ นางสาวสุวิชชา บุษบก

ภูมิลำเนา 143 ม.3 ต.โนนทัน อ.หนองเรือ จ.ขอนแก่น

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหนองเรือวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Suwichchab54@email.nu.ac.th**

ชื่อ นางสาวจิราพัชร บุญศิริ

ภูมิลำเนา 141 ม.2 ต.หนองโพ อ.โพธาราม จ.ราชบุรี

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนโพธาวัฒนาเสนี
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่4 สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: **Jiraphatb54@email.nu.ac.th**