โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย

พีรวัตร คงสาคร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ปีการศึกษา 2564

โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย

พีรวัตร คงสาคร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
ปีการศึกษา 2564
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

Program of Calculate the Basic Electrical Load Schedule for Housing

Peerawat Kongsakorn

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering
Graduate Study, Faculty of Engineering
Southeast Asia University
Academic Year 2021
Copyright by Southeast Asia University

ชื่อวิทยานิพนธ์	โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย
ชื่อนักศึกษา	นายพีรวัตร คงสาคร
รหัสนักศึกษา	6344110001
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.บุญเลิศ สื่อเฉย

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รศ. ดร.มณฑล ลีลาจินดาไกรฤกษ์)

..... กรรมการ
(ผศ. ดร.สมศักดิ์ สิริโปราณานนท์)

..... กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษา)
(รศ. ดร.บุญเลิศ สื่อเฉย)

วิทยานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์

..... คณบดี
(ดร.ภานุวัฒน์ แตระกุล)

วันที่สอบ: 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2565

Thesis Title	Program of Calculate the Basic Electrical Load Schedule for Housing
Student Name	Mr.Peerawat Kongsakorn
Student ID	6344110001
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr.Boonlert Suechoey

Examining Committee

..... Chairman
(Assoc. Prof. Dr.Monthon Leelajindakrairerk)

..... Member
(Asst. Prof. Dr.Somsak Siriporananon)

..... Member (Thesis Advisor)
(Assoc. Prof. Dr.Boonlert Suechoey)

This Thesis has been approved to be a Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Engineering in Electrical Engineering Graduate Study, Faculty of Engineering

..... Dean
(Dr.Panuwat Taerakul)

Examination Date: July 16, 2022

ชื่อวิทยานิพนธ์ โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย
ชื่อนักศึกษา นายพีรวัตร คงสาคร
รหัสนักศึกษา 6344110001
ชื่อปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า
ปีการศึกษา 2564
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. ดร.บุญเลิศ สื่อเฉย

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบโปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย ในการคำนวณค่าโหลดไฟฟ้าต่างๆ วงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ และอื่นๆ ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส สำหรับที่พักอาศัย โดยใช้ข้อมูลจากตารางเอ็กเซล พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานในการคำนวณหาค่า รูปแบบ Spreadsheet สามารถแสดงค่าต่างๆ ตามตารางโหลดไฟฟ้าอยู่ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อลดเวลาในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น โปรแกรมคำนวณตารางโหลดสามารถนำไปพัฒนาต่อกับลักษณะงานที่มีโหลดไฟฟ้าจำนวนมากต่อไป จากงานวิจัยนี้พบว่าผลการใช้โปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐานมีความถูกต้องตรงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย และสามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี

Thesis Title	Program of Calculate the Basic Electrical Load Schedule for Housing
Student Name	Mr.Peerawat Kongsakorn
Student ID	6344110001
Degree	Master of Engineering
Program	Electrical Engineering
Academic Year	2021
Advisor	Assoc. Prof. Dr.Boonlert Suechoey

Abstract

This thesis presents the study and design of a program for calculating basic electrical load grids for residential homes. To calculate various electrical loads, lighting circuits, receptacle circuits, air conditioner circuits, and others in 1-phase electrical systems for residences. using the data from the table Excel was developed to make it more convenient for users to calculate values. Spreadsheet format can display various values. The electrical load schedule is in the form of a ready-made program. To reduce working time and increase work efficiency even more The load table calculation program can be further developed for the work with large loads. From this research, it was found that the results of using the basic electrical load calculation program were accurate in accordance with the electrical installation standards for Thailand. and can be used as well.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคลต่างๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ และช่วยเหลือ ทั้งในด้านวิชาการและด้านการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.บุญเลิศ สื่อเฉย อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณามอบหมายงานวิจัยอันเป็นประโยนช์ ได้อุทิศความรู้ ความสามารถ ให้คำปรึกษาแนะนำ และให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา

คณาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์ ทุกท่านที่ให้ความรู้จากการเรียนในรายวิชาบัณฑิตศึกษา ถ่ายทอดประสบการณ์อันเป็นประโยชน์แก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด

เพื่อน พี่ น้อง บัณฑิตศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ที่ให้คำแนะนำและกำลังใจตลอดเวลาที่ผู้วิจัยได้ศึกษาอยู่ที่มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์แห่งนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่ให้การสนับสนุน ส่งเสริม และให้กำลังใจอย่างดียิ่งเสมอมา

นายพีรวัตร คงสาคร

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)..... ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) ..... ข
กิตติกรรมประกาศ..... ค
สารบัญ..... ง
สารบัญตาราง..... ฉ
สารบัญภาพ..... ช

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 วัตถุประสงค์การวิจัย..... 1
1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์..... 1
1.4 ระเบียบวิธีวิจัย..... 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ขั้นตอนวิธีการออกแบบระบบไฟฟ้า..... 3
2.2 หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้า..... 5
2.3 การคำนวณโหลดไฟฟ้า..... 5
2.4 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย..... 7
2.5 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย..... 7
2.6 ชนิดและขนาดของโหลดในวงจร..... 8
2.7 สายป้อน..... 8
2.8 เมนสวิตซ์ และสายเมนเข้าอาคาร..... 9
2.9 การจัดทำรายการโหลดไฟฟ้า..... 10
2.10 วัสดุและอุปกรณ์ในการติดตั้ง..... 15
2.11 ปฏิบัติการใช้งาน Google Sheet 18
2.12 สเปรดชีต (spreadsheet)..... 18
2.13 คุณสมบัติของสเปรดชีต (spreadsheet)..... 19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม..... 20
3.2 ขั้นตอนการคำนวณโหลดไฟฟ้า..... 21
3.3 โปรแกรมพื้นฐานสำหรับการคำนวณโหลด..... 22
3.4 การสร้างโปรแกรม Spread Sheet จากตารางโหลดวงจรย่อย..... 23

บทที่ 4 การทดสอบและผลการทดสอบ

4.1 ผลการทดสอบ..... 29
4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ..... 39
4.2.1 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)..... 39
4.2.2 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)..... 41
4.2.3 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)..... 42
4.2.4 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)..... 44

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย..... 46
5.2 อภิปรายผล..... 46
5.3 ข้อเสนอแนะ..... 46

เอกสารอ้างอิง..... 47
ภาคผนวก ก ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า IEC 01 และท่อร้อยสาย 48
ภาคผนวก ข การใช้งาน Google Spreadsheet (Excel) 51
ภาคผนวก ค บทความวิจัยที่ตีพิมพ์และเผยแพร่..... 77
ประวัติผู้เขียน..... 89

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 ขนาดโหลดแสงสว่างสูงสุดในแต่ละวงจรย่อย (VA) คำนวณค่า CB ทำงานที่ 80%..... 6
2.2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง..... 12
2.3 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย..... 12
2.4 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป..... 13
2.5 ค่าโหลดของหลอดประหยัดพลังงาน (หลอดคอมแพค)..... 13
2.6 ค่าโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์..... 14
2.7 ค่าโหลดของหลอด HID..... 14
2.8 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) 1 เฟส 220 V
เมื่อทราบค่า kVA โดยประมาณ..... 14
2.9 พิกัดกระแส ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรย่อย ตามมาตรฐาน IEC 60898..... 15
3.1 สูตรในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Formula)..... 27
3.2 สูตรในการเปรียบเทียบ (Comparisons Formula)..... 27
3.3 เครื่องหมายในการเชื่อมข้อความสองข้อความหรือมากกว่านั้น (Text Formula)..... 27
3.4 สูตรในการอ้างอิง (Text Formula)..... 37

สารบัญภาพ

ภาพที่ **หน้า**

2.1 ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer Unit)..... 16
2.2 โปรแกรม Spreadsheet 19
3.1 ผังแสดงขั้นตอนการทำงาน..... 20
3.2 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย..... 21
3.3 โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับจัดทำตารางโหลดวงจรย่อย..... 22
3.4 หน้าต่างเอกสารสเปรดชีต (spreadsheet)..... 23
3.5 การแก้ไขชื่อเอกสาร spreadsheet 24
3.6 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet 24
3.7 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet (ต่อ)..... 25
3.8 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet (ต่อ)..... 25
3.9 การใช้สูตรคำนวณของสเปรดชีต (spreadsheet)..... 26
3.10 โปรแกรมตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปแกรม Excel 28
3.11 โปรแกรมตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปแกรม spreadsheet 28
4.1 แบบแสดงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)..... 30
4.2 แบบแสดงระบไฟฟ้ากำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)..... 31
4.3 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)..... 32
4.4 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)..... 32
4.5 แบบแสดงวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยกำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)..... 33
4.6 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)..... 34
4.7 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)..... 34
4.8 แบบแสดงวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยกำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)..... 35
4.9 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)..... 36
4.10 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)..... 36
4.11 แบบแสดงวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยกำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)..... 37
4.12 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)..... 38
4.13 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)..... 38
4.14 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)..... 40
4.15 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)..... 41
4.16 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)..... 43
4.17 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)..... 45

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบ จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ ซึ่งเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ สิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้าขั้นตอนหนึ่ง คือการคำนวณโหลดไฟฟ้า

ในปัจจุบันอาคารบ้านพักที่อยู่อาศัย มีอุปกรณ์ไฟฟ้าติดตั้งอยู่ภายในจำนวนมาก ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ ไฟฟ้าซึ่งกลายเป็นส่วนหนึ่งในการใช้ชีวิตและดำเนินธุรกิจของผู้คนต่างๆ เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องการนำเสนอการคำนวณโหลดไฟฟ้าสำหรับที่พักอาศัย โดยใช้ข้อมูลจากตาราง เอ็กเซลพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานในการคำนวณ หาค่าต่างๆ ตามตารางโหลดไฟฟ้าอยู่ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อลดเวลาในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น มีความถูกต้องตรงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาและเรียนรู้หลักการทำงานของโปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐานสำเร็จรูป สำหรับบ้านพักอาศัย

1.2.2 เพื่อศึกษาการคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าสามารถนำไปใช้อย่างถูกต้องและตรงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย

1.2.3 เพื่อความสะดวกรวดเร็ว และประสิทธิภาพในการปฏิบัติงาน

1.3 ขอบเขตวิทยานิพนธ์

1.3.1 สร้างโปรแกรมคำนวณตารางรายการโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัยในรูปแบบโปรแกรมสเปรดชีต

1.3.2 โปรแกรมสามารถคำนวณตารางรายการโหลดวงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ และวงจรเครื่องทำน้ำอุ่น ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส

1.3.3 โปรแกรมสามารถแสดงค่าผลลัพธ์ในรูปแบบตารางรายการโหลดไฟฟ้าพื้นฐานได้

1.4 ระเบียบวิธีวิจัย

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้เป็นงานด้านการออกแบบระบบไฟฟ้าขั้นตอนหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเฉพาะด้านงานวิศวกรรมไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย มีเป้าหมายเพื่อการคำนวณหาค่าต่างๆ ตามรูปแบบตารางโหลดไฟฟ้า ให้ผู้ปฏิบัติงานปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกรวดเร็วในการทำงาน โดยมีระเบียบวิธีวิจัยและขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.4.1 ศึกษาการคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน

1.4.2 ศึกษาหลักการเขียนโปรแกรมรูปแบบแอปพลิเคชั่น

1.4.3 ออกแบบสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปในการคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน

1.4.4 วิเคราะห์ อภิปราย และสรุปผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เข้าใจหลักการคำนวณหาค่าในตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน

1.5.2 สามารถออกแบบสร้างโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐานสำเร็จรูป

1.5.3 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ ความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบ จะต้องศึกษาและร่วมกันกับบุคคลหลายกลุ่ม เช่น สถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง วิศวกรระบบเครื่องกล วิศวกรระบบสุขาภิบาล และ เจ้าของอาคาร นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ ซึ่งเป็นข้อกาหนดในการออกแบบซึ่ง เป็นสิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้าสามารถทำได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความสามารถ และประสบการณ์ รวมทั้งมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ในการอ้างอิงของผู้ออกแบบ ทั้งในเรื่องของ ค่าใช้จ่ายการออกแบบและติดตั้งที่จะต้องมีผลตามมาหลังจากการออกแบบเสร็จสิ้นลง

2.1 ขั้นตอนวิธีการออกแบบระบบไฟฟ้า [1]

1. ศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อให้ทราบข้อมูลต่างๆ ของอาคาร การใช้งานของห้องที่สถาปนิกได้ทำการออกแบบไว้ตามความต้องการของสถาปนิกและเจ้าของอาคาร
2. ประมาณการใช้โหลด โดยใช้ข้อมูลจากสถาปนิกและความต้องการของเจ้าของอาคาร ชนิด และลักษณะการใช้งานของอาคารและพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร
3. กำหนดตำแหน่งและแนวทางของสายประธานจากการไฟฟ้า ที่จ่ายให้แก่อาคาร, ขนาดแรงดันไฟฟ้าของระบบ ตำแหน่งของมิเตอร์วัดไฟฟ้า ซึ่งจะต้องดูสถานที่ที่จะสร้างอาคาร พร้อมทั้ง ขอคำแนะจากการไฟฟ้า หน่วยที่รับผิดชอบบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอาคารนั้นๆ
4. ศึกษา ชนิดและการใช้งานของพื้นที่ในอาคาร ,อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้และขนาดการกินกระแสของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งข้อมูลบางส่วนจะต้องสอบถามจากสถาปนิกผู้ออกแบบหรือเจ้าของอาคาร
5. ศึกษาความต้องการของโหลดไฟฟ้าระบบอื่นๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ ระบบลิฟท์ ระบบประปาและอื่นๆ
6. ศึกษาและกำหนดตำแหน่ง ติดตั้งและขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ตลอดจนความต้องการเนื้อที่ของอุปกรณ์เหล่านั้น เช่น ตำแหน่งและขนาดของห้องเครื่อง ห้องติดตั้งหม้อแปลงและ แผงควบคุมไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board ; MDB) แผงควบคุมไฟฟ้ารอง (Sub Distribution Board ; SDB) แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย (Load Panel) แนวทางและขนาดของท่อเดินสายป้อน (Feeder Shaft) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบ
7. คำนวณและออกแบบความต้องการของแสงสว่างของแต่ละห้อง ตามชนิดของการใช้งาน พร้อมทั้งกำหนดชนิดของดวงโคม (ชนิดดวงโคมบางครั้งอาจถูกกำหนดโดยสถาปนิกทั้งนี้เพื่อความ สวยงาม) เพื่อหาโหลดของระบบแสงสว่าง

8. กำหนดตำแหน่งของดวงโคมและเต้ารับลงในแบบโดยทั่วไป การแสดงตำแหน่งของดวงโคมและเต้ารับจะแยกเขียนนออกจากกัน และหากมีระบบไฟฟ้าสื่อสารอันได้แก่ ระบบโทรศัพท์ระบบ โทรทัศน์ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติก็มักจะเขียนแบบแยกแผ่นกันทั้งนี้เพื่อความง่าย ในการอ่านแบบ
9. แยกวงจรย่อยโดยโยงสายลงในแบบเพื่อควบคุมดวงโคมหรือเชื่อมต่อวงจรของเต้ารับไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในวงจรเดียวกันเข้าด้วยกัน พร้อมทั้งกำหนดหมายเลขของวงจรในแผงจ่ายไฟ การกำหนดวงจรย่อยมักจะกำหนดตามความเหมาะสมของอุปกรณ์ตัดตอน (Circuit Breaker ; CB) หรือ กำหนดตามพื้นที่การใช้งานควบคู่กัน
10. คำนวณโหลดแต่ละแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย พร้อมทั้งชนิด จำนวนและขนาดของสายไฟฟ้า ท่อร้อยสายไฟฟ้า และขนาด AT AF และ Pole ของเซอร์กิตเบรคเกอร์ (CB) ลงในตารางโหลด
11. นำโหลดในแต่ละแผงควบคุมไฟฟ้ารวมกันในแต่ละเฟสของระบบ แล้วคำนวณหาสายป้อน และ ขนาดอุปกรณ์ป้องกันตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย (Main Circuit Breaker) ของตู้ควบคุม ไฟฟ้าย่อย
12. รวมโหลดทั้งหมดของแผงควบคุมไฟฟ้าย่อยทั้งอาคารเพื่อนำมาคำนวณและออกแบบหาพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันภายในตู้ควบคุมไฟฟ้าหลัก (MDB) และอุปกรณ์ประกอบภายในตู้รวมกับถึง การกำหนดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและสายประธานของอาคาร
13. คำนวณและเขียน Riser Diagram ของระบบไฟฟ้า รวมทั้ง คำนวณและเขียน Single Line Diagram ของตู้ MDB
14. คำนวณและออกแบบระบบอื่นๆ เช่นระบบล่อฟา ระบบสื่อสารในอาคาร ระบบโทรศัพท์ ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติระบบป้องกันภัย และอื่นๆ
15. ตรวจสอบและแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์
16. เขียนข้อกำหนดและรายละเอียดประกอบแบบ (รายการประกอบแบบ) ซึ่งจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ในแบบ เช่น ขนาดและชนิดรวมถึงเครื่องหมายการค้าของอุปกรณ์ที่กำหนดให้ใช้ และข้อกำหนดซึ่งผู้รับจ้างจะต้องรับผิดชอบและปฏิบัติตาม โดยทั่วไปถือเป็นส่วนหนึ่งของสัญญา ในการรับเหมางานก่อสร้างงานติดตั้ง ระหว่างผู้รับจ้างกับผู้ว่าจ้าง
17. เมื่อวิศวกรผู้ออกแบบทำการกำหนดชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว ผู้ออกแบบจะต้องทำการประมาณราคา เพื่อผู้ว่าจ้างจะได้ใช้เป็นราคากลางในการคัดเลือกผู้รับเหมาทำการก่อสร้างติดตั้ง
18. ในบางกรณีวิศวกรผู้ออกแบบอาจต้องเป็นผู้ตรวจสอบให้คำแนะนำในการติดตั้งระบบไฟฟ้าด้วย

2.2 หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้า [1,2]

2.2.1 ความปลอดภัย (Safety)

เป็นข้อควรคำนึงถึงเป็นอันดับแรกของการออกแบบที่ ผู้ออกแบบจะต้องให้ความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง โดยต้องอ้างอิงตามหลักทางวิศวกรรมไฟฟ้าและระเบียบตามข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ และมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย สำหรับการติดตั้งระบบไฟฟ้า สามารถใช้เป็นหลักในการออกแบบได้อย่างดี

2.2.2 ความเชื่อมั่นของระบบ (Reliability)

ระบบจะต้องมีความเชื่อมั่นสูงในการตัดตอนและป้องกันผลเสียหายอันเกิดมาจากระบบไฟฟ้าขัดข้อง ซึ่งมักจะขึ้นอยู่กับการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีมาตรฐานรับรอง

2.2.3 ความง่ายในการดัดแปลง (Flexibility)

ระบบที่ออกแบบจะต้องสามารถแก้ไขดัดแปลง ได้อย่างสะดวก เพื่อที่จะจ่ายไฟฟ้าไปตามจุดที่ต้องการและต้องออกแบบให้รับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้ กล่าวคือเมื่อมีการเพิ่มโหลดในอนาคต จะต้องทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนระบบสายไฟฟ้าทั้งระบบ

2.2.4 ความประหยัด (Economy)

ผู้ออกแบบที่ดีควรคำนึงถึงการออกแบบให้มีความประหยัด ภายใต้เงื่อนไขของความปลอดภัย ความเชื่อมั่น ความง่ายในการดัดแปลง โดยในเรื่องของความประหยัดมักจะสวนทางกับข้อควรพิจารณาทั้งสามข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยสามารถจะยืดหยุ่นได้ ยกเว้นในเรื่องของความปลอดภัยซึ่งจะยอมให้เรื่องของความประหยัดมีผลต่อความปลอดภัยไม่ได้ ผู้ออกแบบจะต้องศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่างๆ ในการเลือกใช้อุปกรณ์ในการกำหนดตำแหน่ง และติดตั้งอุปกรณ์ทางไฟฟ้า ปัญหาทางด้านพลังงานในปัจจุบันโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการ เลือกใช้ชนิดของหลอดไฟฟ้า การออกแบบระบบทำความเย็น การใช้เครื่องทำความร้อน และอื่นๆ ซึ่งจะมีผลในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าไฟฟ้าในแต่ละเดือน

2.2.5 แรงดันตก (Voltage Drop)

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคารจะต้องคำนึงถึงค่าแรงดันไฟฟ้าตก ซึ่งเกิดเนื่องจากขนาดของโหลดและความยาวของสายป้อนและสายวงจรย่อยที่เดินไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ารวมทั้งโหลดในอนาคตที่จะเพิ่มขึ้นด้วย แรงดันตกมักสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ตามมาตรฐานของการ ไฟฟ้าฯ และ NEC กำหนดแรงดันตกในช่วงของสายป้อนจะต้องไม่เกิน 2% หากในส่วนของวงจรย่อย ไม่เกิน 3% การพิจารณาในเรื่องแรงดันตกมักจะนำมาพิจารณาในกรณีที่สายป้อนหรือสายประธานมีระยะของการเดินสายที่ยาว เท่านั้น

2.3 การคำนวณโหลดไฟฟ้า [1,2]

2.3.1 การคำนวณโหลดวงจรย่อย สิ่งที่ต้องคำนวณสำหรับวงจรย่อย

- ขนาดพิกัดของวงจรย่อย
- ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับวงจรย่อย (ขนาดไม่น้อยกว่า 2.5 sq.mm.)
- ขนาดท่อหรือรางเดินสายไฟฟ้า

2.3.2 ประเภทโหลดวงจรย่อย

1) วงจรย่อยแสงสว่าง
   - ประกอบด้วยวงจรย่อยแสงสว่างเท่านั้น
   - พิกัดวงจรย่อยคือ 5,10,15 และ 20 A
   - กำหนดขนาดพิกัดวงจรย่อยแสงสว่างเป็น 15 หรือ 20 A เพื่อความสะดวกและประหยัด (จำนวนวงจรน้อยลง)
   - โหลดแสงสว่างขนาดใหญ่ ต้องออกแบบจากโหลดที่ติดตั้งจริง แต่ขนาดพิกัดวงจรย่อยต้องไม่เกิน 50 A

ตารางที่ 2.1 ขนาดโหลดแสงสว่างสูงสุดในแต่ละวงจรย่อย (VA) คำนวณค่า CB ทำงานที่ 80% [2]

ระดับแรงดัน	ขนาดวงจรย่อย			
(V)	5 A	10 A	15 A	20 A
220	880 VA	1760 VA	2640 VA	3520 VA
230	920 VA	1840 VA	2760 VA	3680 VA

2) วงจรย่อยเต้ารับ
   - คิดขนาด 180 VA ต่อ 1 เต้ารับ
   - เลือกใช้วงจรย่อยขนาด 5,10,15 และ 20 A
   - กำหนดวงจรย่อยเต้ารับทั่วไป มีจำนวนเต้ารับไม่เกิน 10 ตัว
   - ขนาดพิกัดวงจรย่อยเต้ารับทั่วไปขนาด 15 A สามารถเลือกใช้สาย THW ขนาด 2.5 sq.mm. เดินสายในท่อได้ (18 A)
3) วงจรย่อยเฉพาะ
   - วงจรย่อยที่จ่ายให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดเดียวเท่านั้น
   - ขนาดพิกัดวงจรย่อยคิดจากขนาดโหลดที่ติดตั้งจริง เช่นเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป จากแผ่นป้ายประจำเครื่อง (name plate) และมอเตอร์ไฟฟ้าได้จากการคำนวณมอเตอร์ไฟฟ้า
4) วงจรย่อยผสม
   - ประกอบด้วยโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป
   - ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบวงจรย่อยประเภทนี้ เนื่องจากมีความยุ่งยาก

2.3.3 การคำนวณขนาดวงจรสายป้อน

การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อนต้องคำนวณตามข้อกำหนดดังต่อไปนี้

1. สายป้อนต้องมีขนาดกระแสไฟฟ้าเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลด และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานแฟคเตอร์

2. สามารถอิง Demand Factor ได้จากตารางของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์
3. เต้ารับในอาคารที่อยู่อาศัย ที่ต่อกับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทราบโหลดแน่นอน ให้คำนวณโหลดจากเต้ารับที่มีขนาดสูงสุด 1 เครื่องรวมกับร้อยละ 40 ของขนาดโหลดในเต้ารับที่เหลือ
4. Demand Factor ใช้สำหรับสายป้อนเท่านั้น ห้ามใช้กับวงจรย่อย

2.3.4 การคำนวณขนาดวงจรประธาน

เป็นการโหลดทุกแผงจ่ายไฟทั้งหมดในระบบมารวมกัน ซึ่งสายประธานจะต้องมีขนาดกระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลด และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดทั้งหมดในอาคารเมื่อใช้ดีมานแฟคเตอร์

2.4 การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย [1,2]

การกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินจะต้องทราบลักษณะสมบัติ (Characteristics) ของเครื่องป้องกันกระแสเกินว่าปลดวงจรตามขนาดที่ระบุหรือไม่ ปกติเครื่อง ป้องกันกระแสเกินเมื่อนำมาติดตั้งใช้งานอาจมีตัวคูณลดเนื่องจากสภาพการใช้งานต่างจากสภาพที่ทำการทดสอบ ไม่ว่าจะเป็นอุณหภูมิโดยรอบ และการระบายอากาศ ค่านี้แตกต่างกันตามมาตรฐานการผลิต ดังนั้นในการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินจึงควรเผื่อขนาดไว้บ้างประมาณ 25% เมื่อคำนวณ ได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาดให้เลือกใช้ขนาดใกล้เคียงที่ตรงกับขนาด เขียนเป็นสมการดังนี้

$$\text{พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน} = 1.25 \times \text{โหลดในวงจรย่อย} \qquad (2.1)$$

2.5 การกำหนดขนาดสายไฟฟ้าของวงจรย่อย [1,2]

สายไฟฟ้าของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้งาน และต้องไม่เล็กกว่า 2.5 sq.mm. สายไฟฟ้าที่ต่อแยกเข้าเต้ารับจุดเดียวต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 1.5 sq.mm. และมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่ากระแสโหลดที่ใช้เต้ารับ สำหรับสายไฟฟ้าที่ต่อแยกเข้าดวงโคมชุดเดียวต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 0.5 sq.mm. และมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่ากระแสของดวงโคมนั้น

2.6 ชนิดและขนาดของโหลดในวงจร [1,2]

ขนาดของวงจรย่อยเรียกตามขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินที่ใช้เช่นวงจรย่อยที่ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 15 แอมแปร์ จะเรียกว่าเป็นวงจรย่อยขนาด 15 แอมแปร์ วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้เครื่องใช้ไฟฟ้าเพียงจุดเดียวเช่น เครื่องจักรในโรงงาน การกำหนดขนาดให้ทำตามที่กล่าวข้างต้น สำหรับวงจรย่อยที่จ่ายไฟให้โหลดตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป จะต้องมีขนาดเหมาะสมกับโหลด จึงต้องกำหนดโหลดที่ใช้สำหรับวงจรย่อยแต่ละขนาดไว้ด้วย เพราะถ้าวงจรย่อยมีขนาดใหญ่เกินไปเมื่อใช้โหลดบางชนิดการป้องกันกระแสเกินอาจไม่ได้ผลตามต้องการ วงจรย่อยที่มีโหลดตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปต้องเป็นดังต่อไปนี้

1. วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ ให้ใช้ได้กับโหลดทั่วไป ปริมาณโหลดติดตั้งถาวรรวมกันต้องไม่เกินขนาดวงจรย่อย วงจรที่มีโหลดติดตั้งรวมกับโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบ โหลดติดตั้งถาวรรวมกันต้องไม่เกิน 50% ของขนาดวงจรย่อย และโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดใช้เต้าเสียบแต่ละตัวต้องมีขนาดไม่เกิน 80% ของขนาดวงจรย่อย ในการใช้งานโหลดทั้งสองชนิดรวมกัน ต้องมีขนาดไม่เกินขนาดวงจรย่อย
2. วงจรย่อยขนาด 25 ถึง 32 แอมแปร์ เนื่องจากเป็นวงจรย่อยขนาดใหญ่จึงกำหนดให้ดวงโคมไฟฟ้าที่ต่ออยู่กับวงจรนี้ต้องเป็นโคมไฟฟ้าที่มีขนาดวัตต์สูงด้วย คือต้องมีขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์ และยอมให้ใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นที่ไม่ใช่ดวงโคม แต่ถ้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าชนิดที่ใช้เต้าเสียบ แต่ละเครื่องต้องมีขนาดไม่เกิน 80% ของขนาดวงจรย่อย
3. วงจรย่อยขนาดเกิน 32 ถึง 50 แอมแปร์ กำหนดให้ดวงโคมไฟฟ้าที่ต่ออยู่ในวงจรต้องมีขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์ ถ้าเป็นเครื่องใช้ไฟฟ้าต้องเป็นชนิดติดตั้งถาวร วงจรนี้จึงห้ามติดตั้งเต้ารับ
4. วงจรย่อยที่มีขนาดเกิน 50 แอมแปร์ วงจรย่อยนี้ห้ามใช้กับโหลดประเภทแสงสว่าง สำหรับวงจรย่อยที่มีจุดต่อไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไปอนุญาตให้ใช้ได้เฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีช่างที่มีความรู้ ความชำนาญคอยดูแลและรักษา

2.7 สายป้อน [1,2]

สายป้อน หมายถึงตัวนำของวงจร ระหว่างเมนสวิตซ์กับเครื่องป้องกันกระแสเกินวงจรย่อย สายป้อนจึงเป็นสายไฟฟ้าที่จ่ายไฟให้วงจรย่อยตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไป หรือจ่ายไฟให้กับสายป้อนด้วยกัน การกำหนดขนาดสายป้อนจึงเป็นการกำหนดขนาดสายไฟฟ้าและเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรสายป้อนการกำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินสายป้อน การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินควรพิจารณาการทำงานที่ต่ำกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินเช่นเดียวกับวงจรย่อย เมื่อคำนวณแล้วได้ขนาดไม่ตรงกับขนาดมาตรฐานที่มีขายในท้องตลาด ให้เลือกใช้ขนาดที่ตรงตามมาตรฐานกำหนด

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจร 3 เฟส ทำได้ 2 วิธีคือ การกำหนดจากโหลดรวมของวงจรเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว เป็นกระแสของวงจร 3 เฟส ใช้ได้ดีเมื่อกระแสของวงจรแต่ละเฟสต่างกันไม่มากนักและเป็นวิธีที่สะดวก แต่อาจมีปัญหาเรื่องเครื่องป้องกันกระแสเกินอาจเล็กเกินไปเนื่องจากมีโหลดบางเฟสมาก ผู้ออกแบบจึงควรพยายามจัดสมดุลโหลดในแต่ละเฟสให้ดีที่สุด อีกวิธีหนึ่งเป็นการกำหนดจากกระแสโหลดเฟสที่สูงที่สุด ใช้ได้ดีกับวงจรที่โหลดแต่ละเฟสต่างกันมากๆ การคำนวณอาจเพิ่มความยุ่งยากขึ้นบ้าง แต่จะไม่มีปัญหาเรื่องเครื่องป้องกันกระแสเกินเล็กเกินไป ผู้ออกแบบเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมการคำนวณโหลดของสายป้อน คือการนำโหลดทั้งหมดที่ต่ออยู่ในวงจรสายป้อนเดียวกันมารวมกัน ในการคำนวณยอมให้ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ได้ ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ที่จะกล่าวต่อไปนี้อาจไม่ใช้ก็ได้ถ้าผู้ออกแบบพิจารณาแล้วว่าในการใช้งานจริงมีโอกาสใช้โหลดมากกว่าค่าดีมานด์แฟกเตอร์ที่กำหนดไว้ ค่าที่กำหนดจึงเป็นเพียงแนวทางที่จะใช้ในการคำนวณและค่าต่ำสุดที่จะยอมให้ได้เท่านั้น การใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์มีข้อกำหนดดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 2.2 แต่ห้ามใช้กับสายป้อนในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาล หรือโรงแรม ซึ่งบางขณะไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องใช้พร้อมกันเช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง
2. โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไปที่คิดโหลดไว้เต้ารับละไม่เกิน 180 วีเอ ใช้ในสถานที่อื่นที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัยใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ ตามตารางที่ 2.3
3. โหลดเต้ารับอื่นที่ไม่ใช่เต้ารับใช้งานทั่วไปตามข้อที่กล่าวข้างต้น ให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40% ของโหลดเต้ารับที่เหลือ
4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 2.4

ข้อสังเกต การใช้ดีมานด์แฟกเตอร์มีข้องควรระวัง คือวงจร 3 เฟส 4 สาย ที่มีโหลดหลายชนิดปนกันและโหลดชนิดเดียวกันต่ออยู่เฟสเดียวกัน โดยเฉพาะโหลดที่มีดีมานด์แฟกเตอร์ต่ำในขณะที่เฟสอื่นมีโหลดที่ไม่ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์หรือเป็นโหลดที่มีขนาดใหญ่ต่ออยู่ การใช้ดีมานด์แฟกเตอร์อาจเป็นผลให้เครื่องป้องกันกระแสเกินเล็กเกินไปสำหรับโหลดบางเฟสที่ไม่ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์เพื่อแก้ปัญหานี้ การออกแบบจึงควรแยกโหลดที่เป็นแระเภทเดียวกันให้รวมอยู่ในแผงเดียวกัน

2.8 เมนสวิตช์ และสายเมนเข้าอาคาร [1,2]

เมนสวิตช์ (Service Equipment) หมายถึงอุปกรณ์สำหรับสับปลดวงจรที่อยู่ระหว่างสายเมนเข้าอาคารกับสายภายใน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดวงจรสายภายในทั้งหมดออกจากระบบและป้องกันการใช้กระแสในสายเมนหรือสายเมนเข้าอาคาร (Service Conductor) หมายถึงสายไฟฟ้าที่ต่ออยู่ระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กับเมนสวิตช์ หรือระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้ากับเมนสวิตช์เมนสวิตช์ เป็นสวิตช์ที่ทำหน้าที่ปลดสายภายในอาคารทั้งหมดออกจากระบบจ่ายไฟ โหลดของสายเมนและเมนสวิตช์คำนวณเช่นเดียวกับสายป้อน ถ้าวงจรไฟฟ้าเป็นวงจรขนาดเล็กมีสายป้อนเพียงชุดเดียวโหลดที่คำนวณได้สำหรับสายป้อนก็คือโหลดของเมนสวิตช์นั่นเอง แต่ถ้าในวงจรมีสายป้อนหลายชุด การคำนวณโหลดของเมนสวิตช์ก็คือรวมโหลดทั้งหมดทุกสายป้อน

เข้าด้วยกันและใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตารางเดียวกันกับการคำนวณสายป้อนเมนสวิตซ์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

- เมนสวิตซ์แรงต่ำ เมนสวิตซ์แรงต่ำระบบ 3 เฟส ที่สายนิวทรัลมีการต่อลงดินโดยตรงขนาดตั้งแต่ 1,000 แอมแปร์ขึ้นไป ต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection) เมนสวิตซ์ประกอบด้วยเครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสไฟฟ้าเกิน
- เมนสวิตซ์แรงสูง ต้องสอดคล้องกับข้อกำหนดของเมนสวิตซ์แรงสูง

2.8.1 สายเมนสำหรับระบบแรงต่ำ แบ่งเป็นสายอากาศและสายใต้ดิน

- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายอากาศ การไฟฟ้านครหลวงกำหนดสายไฟฟ้าต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง มีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามที่กำหนดแต่ต้องไม่น้อยกว่า 4.0 sq.mm.
- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง มีขนาดไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกระแสเกินแต่ต้องไม่น้อยกว่า 10 sq.mm. เนื่องจากต้องการความแข็งแรงทางกลด้วย

2.8.2 สายเมนสำหรับระบบแรงสูง

- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายอากาศ เป็นสายทองแดงหรืออะลูมิเนียม มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้ ปัจจุบันนิยมใช้เป็นสายหุ้มฉนวนไม่เต็มพิกัด เช่นสาย สเปซแอเรียลเคเบิล
- สายเมนเข้าอาคารชนิดสายใต้ดิน ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง มีขนาดเพียงพอที่จะรับกระแสโหลดได้ การติดตั้งจะต้องทำป้ายระบุแนวของสายใต้ดิน และบอกความลึกของสายบนสุดไว้ ป้ายต้องเห็นได้ชัดเจน ระยะห่างระหว่างป้ายไม่เกิน 50 เมตร เพื่อป้องกันการขุดเจาะไปถูกสายไฟฟ้าเสียหาย และควรมีแผนผังแสดงแนวสายใต้ดินเก็บรักษาไว้พร้อมที่จะตรวจสอบได้ และใช้ประโยชน์ในการบำรุงรักษา

2.9 การจัดทำรายการโหลดไฟฟ้า

การจัดทำตารางโหลด (Load Schedule) มีประโยชน์มากในการออกแบบระบบไฟฟ้า เพราะตารางโหลดจะแสดงรายละเอียดต่างๆ ที่ไม่สามารถแสดงในแบบได้ และยังช่วยให้การออกแบบสะดวกไม่หลงลืม ผู้ใช้งานทั่วไปเช่นผู้ที่ทำการประมาณราคาและติดตั้งจะดูแบบได้ง่ายขึ้นประโยชน์ที่ได้จากการจัดทำตารางโหลด มีดังนี้

1. สามารถจัดการสมดุลของโหลดแต่ละเฟสได้ดี (Balanced Load)
2. การคำนวณโหลดทำได้ง่ายขึ้น สะดวกขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการหาผลรวมของโหลดทั้งหมด หรือบางส่วนในวงจรเช่นแต่ละแผงสวิตซ์ หรือแผงย่อยก็ตาม
3. แสดงรายละเอียดที่แสดงในแบบไม่สะดวก หรือไม่สามารถแสดงได้เช่น ชนิดและขนาดสายไฟฟ้ารายละเอียดของท่อร้อยสาย หมายเลขวงจรและไดอะแกรมเส้นเดี่ยว เป็นต้น กรณีที่ไม่สะดวกอาจแยกไดอะแกรมออกจากตารางโหลดได้ ตารางโหลดอาจมีรูปร่างแตกต่างออกไปตามความต้องการของผู้ใช้งาน ตารางโหลดที่ดีจะต้องเป็นตารางโหลดที่แสดงรายละเอียดที่จำเป็นได้ครบหรือมากที่สุด ตารางโหลดอาจแยกออกเป็นสำหรับโหลด 1-เฟส และโหลด 3-เฟส
4. รวมโหลดของแต่ละวงจรย่อย โดยแบ่งเป็น วงจรย่อยแสงสว่าง,วงจรย่อยเต้ารับ, วงจรย่อยเฉพาะ, วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ และวงจรย่อยมอเตอร์
5. จัดเรียงวงจรย่อยแสงสว่างลงในแบบฟอร์มก่อนเป็นลำดับแรกโดยใช้หมายเลขวงจรย่อยเรียงตามลำดับเฟส คือ 1(A), 3(B), 5(C) ตามด้วย 2(A), 4(B), 6(C) และ 7(A), 9(B), 11(C) และต่อไปเรื่อยๆจบครบทุกวงจรย่อยแสงสว่าง ทั้งนี้เพื่อเป็นการทำให้เกิดความสมดุลระหว่างเฟสนั่นเอง
6. จัดเรียงวงจรย่อยเต้ารับในลำดับต่อมา โดยใช้หมายเลขวงจรย่อยต่อจากหมายเลขวงจรย่อยแสงสว่าง และพยายามจัดให้เกิดความสมดุลกันเองเท่าที่จะทำได้
7. จัดเรียงวงจรย่อยของโหลดเฉพาะในลำดับถัดไป ถ้ามีโหลดเฉพาะหลายชุดควรจัดโหลดให้เกิดความสมดุลเช่นเดียวกัน
8. จัดเรียงวงจรย่อยของเครื่องปรับอากาศ และพยายามทำให้โหลดสมดุล
9. จัดเรียงวงจรย่อยมอเตอร์เป็นลำดับสุดท้าย และพยายามทำให้โหลดสมดุลเช่นกัน
10. จัดเรียงวงจรย่อยต่างๆ แล้วควรมีการเผื่อการวงจรย่อยสำรองในอนาคตเพิ่มเติมหากมีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น โดยวงจรย่อยสำรองนี้อาจเป็นวงจรย่อยที่ถูกเว้นว่างเอาไว้ หรือวงจรย่อยที่มีเซอรกิตเบรกเกอร์
11. รวมโหลดของแต่ละเฟส แล้วตรวจสอบว่าโหลดของแต่ละเฟสสมดุลหรือไม่ ที่สำคัญคือความแตกต่างของโหลดแต่ละเฟสต้องไม่เกิน 20% แต่ถ้าโหลดไม่สมดุลให้ทำการย้ายโหลด หรือสลับหมายเลขของวงจรเพื่อให้โหลดแต่ละเฟสมีความสมดุลขึ้น
12. รวมโหลดทั้งหมดเข้าด้วยกัน จะได้โหลดติดตั้งทั้งหมด (Total Connected Load) ของแผงโหลดวงจรย่อย
13. คำนวณหาขนาดของสายป้อน และขนาดของอุปกรณ์ป้องกันสายป้อนรวมถึงขนาดของท่อร้อยสาย เพื่อให้สมดุลและพอดีกับการใช้งาน

ตารางที่ 2.2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง [3]

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (โวลต์ – แอมแปร์)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 3,000	100
	ส่วนที่เกิน 3,000 แต่ไม่เกิน 120,000	35
	ส่วนที่เกิน 120,000	25
โรงแรม รวมถึง ห้องชุด	ไม่เกิน 20,000	60
ที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัย	ส่วนที่เกิน 20,000 แต่ไม่เกิน	50
ประกอบอาหารได้	100,000	35
	ส่วนที่เกิน 100,000	
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500	100
	ส่วนเกิน 12,500	50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

หมายเหตุ * ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางนี้ ห้ามใช้สำหรับโหลดแสงสว่างในสถานที่บางแห่งของโรงแรม ซึ่งบางขณะจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่างพร้อมกัน เช่น ห้องอาหาร หรือห้องโถง เป็นต้น

ตารางที่ 2.3 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย [3]

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

ตารางที่ 2.4 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป [3]

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

ตารางที่ 2.5 ค่าโหลดของหลอดประหยัดพลังงาน (หลอดคอมแพค) [4]

กำลังไฟฟ้า (W)	โหลด (VA)
9	15
11	20
15	25
20	35
หลอด PL	
5 ,7 ,9	40

ตารางที่ 2.6 ค่าโหลดของหลอดฟลูออเรสเซนต์ [5]

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

ตารางที่ 2.7 ค่าโหลดของหลอด HID [5]

กำลังไฟฟ้าของหลอด (W)	**โหลด (VA)**	
	บัลลาสต์ (LPF)	**บัลลาสต์ (HPF)**
80	180	100
125	260	160
250	500	300
400	750	500
700	1,250	850
1,000	1,900	1,200

ตารางที่ 2.8 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) 1 เฟส 220 V เมื่อทราบค่า kVA โดยประมาณ [6]

ตันความเย็น	**BTU/ชั่วโมง**	**โหลด (kVA)**
1	12,000	1.5
1.5	18,000	1.7
2	24,000	2.6
3	36,000	4.2

2.10 วัสดุและอุปกรณ์ในการติดตั้ง [4]

อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบไฟฟ้ามีอยู่มากมายหลายชนิด ส่วนมากจะมีมาตรฐานควบคุมคุณภาพ โดยมาตรฐานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่นิยมใช้กันมาก คือ มาตรฐานของ IEC สังเกตได้จากแคตาล็อก ของอุปกรณ์ไฟฟ้าจะอ้างถึงมาตรฐานนี้อยู่เสมอ เช่น เซอร์กิตเบรกเกอร์ อ้างมาตรฐาน IEC 60898 สำหรับใช้ในบ้านพัก ที่อยู่อาศัย พิกัดกระแสไม่เกิน 125 Amp Trip ซึ่งผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้เกี่ยวกับไฟฟ้า จะไม่สามารถปรับ Amp Trip ได้ (ค่ากระแสพิกัดที่เบรกเกอร์จะทำการเปิดวงจรไฟฟ้าจะดับ ไม่สามารถใช้งานได้) สำหรับผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าในประเทศไทย ในการเขียนรายละเอียดข้อกำหนด (Specification) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ควรใช้มาตรฐานไทย (มอก.) และมาตรฐาน

2.10.1 Circuit Breaker

- Circuit Breaker ที่นำมาใช้ทั้งหมดต้องผลิตและทดสอบตามมาตรฐาน NEMA, ANSI,VDE, หรือ IEC

ตารางที่ 2.9 พิกัดกระแสขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์สำหรับวงจรย่อย ตามมาตรฐาน IEC 60898 [4]

พิกัดกระแสโครง (Ampere Frame) (AF)	พิกัดกระแสลัดวงจร (Ampere Trip) (AT)
	10
	16
	20
63	25
	32
	40
	50
	63
	70
100	80
	100

2.10.2 ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer Unit)

ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต ดังที่แสดงในภาพที่ 2.1 เป็นตู้ที่ใช้สำหรับติดตั้งรวมอุปกรณ์ป้องกันระบบไฟฟ้าต่างๆ เช่นเซอร์กิตเบรกเกอร์, อุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้ารั่ว, และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ เพื่อความปลอดภัยของผู้ใช้ไฟฟ้า การเลือกใช้และการติดตั้งตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตเป็นสิ่งจำเป็นที่ควรพิจารณา ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตควรจะมีความเป็นฉนวนมีความทนทานและมีรูปแบบที่ดูสวยงามทันสมัย และหากพิจารณาถึงตัวตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต สำหรับใช้ในที่พักอาศัยในปัจจุบันจะพบว่ามีอยู่ 2 ชนิดหลักๆด้วยกันคือ ตู้คอนซูเมอร์ยูนิตที่ทำด้วยโลหะ มีข้อดีคือ มีความทนทานสูงและไม่ติดไฟ แต่มีข้อเสียคือตัวตู้ที่เป็นโลหะเป็นสื่อที่นำไฟฟ้า ผู้ใช้ไฟอาจได้รับอันตรายจากการสัมผัสถูกตัวตู้ หากมีกระแสไฟฟ้ารั่วบริเวณตัวตู้ ดังนั้นผู้ใช้ไฟควรทำการต่อลงดินเพื่อป้องกันอันตรายดังกล่าวที่อาจจะเกิดขึ้น ส่วนตู้คอนซูเมอร์ยูนิตที่ทำด้วยวัสดุอื่นๆ เช่น พลาสติก ก็ควรเป็นวัสดุชนิดที่ไม่ลามไฟ ข้อดีของตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต ประเภทนี้คือ ตัวตู้มีคุณสมบัติเป็นฉนวนที่ดี ไม่เป็นสื่อนำไฟฟ้าทำให้ปลอดภัยขณะสัมผัส มีความทนทานไม่เป็นสนิมและตัวตู้ประเภทนี้มักมีรูปแบบสวยงามอย่างไรก็ตาม ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิตที่ดี ควรให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงตัวอุปกรณ์ป้องกันต่างๆ ได้สะดวก การติดตั้งตัวตู้ควรติดตั้งในบริเวณที่มีการระบายอากาศอย่างเพียงพอและติดตั้งอยู่ห่างจากวัสดุไฟฟ้า เช่น ผ้ากระดาษและควรติดตั้งให้อยู่พ้นจากระดับที่น้ำอาจท่วมถึง ติดตั้งให้ห่างจากแนวท่อระบายน้ำ เพื่อป้องกันหากท่อระบายน้ำเกิดการรั่ว รวมถึงควรมีการป้องกันไม่ให้ผู้ที่ไม่เกี่ยวข้องในการดูแลระบบไฟฟ้าสามารถเข้าไปปรับปรุงแก้ไขได้

ภาพที่ 2.1 ตู้คอนซูมเมอร์ยูนิต (Consumer Unit)

2.10.3 สวิตช์

สวิตช์ไฟฟ้าใช้ในการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ โดยใช้หลักการที่สวิตช์เปิดหรือปิดหน้าสัมผัสซึ่งคล้ายกับสะพานที่เชื่อมให้กระแสสามารถไหลได้ในวงจรไฟฟ้า หน้าสัมผัสปิด (Closed Contact) คือหน้าสัมผัสเชื่อมต่อกันทำให้กระแสไหลผ่านได้ ส่วนหน้าสัมผัสเปิด (Open Contact) คือหน้าสัมผัสแยกออกจากกันทำให้กระแสไม่สามารถไหลผ่านได้

2.10.4 เต้ารับ

อุปกรณ์ที่ใช้ต่อกระแสไฟฟ้าชั่วคราวไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้ า มีลักษณะต่าง ๆ กัน แบ่งได้ 2 ชนิดคือ ชนิดเต้าเสียบ หรือปลั๊ก (Plug) และ เต้ารับ (Socket –outlet) อุปกรณ์ทั้งสองใช้ร่วมกันเพื่อเป็นจุดรับไฟเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่นโทรทัศน์ เตารีด พัดลม

1. เต้ารับไฟฟ้าทั่วไปต้องเป็นแบบมีขั้วสายดินในตัว ใช้ได้ทั้งขาเสียบแบบกลมและแบบแบน ใช้ติดตั้งฝังในผนังกำแพง แล้วแต่กรณีตามกำหนดในแบบพร้อมกล่องโลหะที่เหมาะสม
2. เต้ารับไฟฟ้าที่พื้น ต้องเป็นแบบ Low Tension ชนิดขาแบบกลมและแบบแบนพร้อมขั้วดินติดตั้งตามกำหนดในแบบพร้อมกล่องโลหะที่เหมาะสม
3. ต้องมีฉนวนไฟฟ้าเป็น Bakelite หรือวัสดุอื่นที่ดีกว่า โดยสามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 250 โวลท์และขั้วสัมผัสต้องมีขนาด Ampere Rating ไม่น้อยกว่า 10 แอมแปร์
4. เต้ารับไฟฟ้าสำหรับกรณีพิเศษมีขนาด Ampere Rating ไม่น้อยกว่าที่ระบุ
5. Cover plate และ Metal Box ให้เป็นเช่นเดียวกับของสวิตช์ไฟฟ้าตามกำหนด
6. ให้ติดตั้งเช่นเดียวกับสวิตช์ไฟฟ้าตามระบุในข้อ 2 โดยระดับความสูงจากพื้นถึงกึ่งกลางเต้ารับเป็น 0.30 เมตร

2.10.5 สายไฟฟ้า

เป็นสายไฟฟ้าที่ใช้กับแรงดันไม่เกิน 750 V เป็นสายหุ้มฉนวน ทำด้วยทองแดงหรืออะลูมิเนียม โดยทั่วไปเป็นสายทองแดงสายขนาดเล็กจะเป็นตัวนำเดี่ยว แต่สายขนาดใหญ่เป็นตัวนำตีเกลียว วัสดุฉนวนที่ใช้กับสายแรงดันต่ำคือ Polyvinyl Chloride (PVC) และ Cross-linked Polyethylene (XLPE) สามารถแบ่งได้ดังนี้

1. วีเอเอฟ (VAF)
2. ทีเอชดับเบิลยู (THW)
3. เอ็นวายวาย (NYY)
4. วีซีที (VCT)

2.10.6 ท่อร้อยสายไฟฟ้า

ท่อร้อยสายไฟฟ้า โดยปกติแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ตามลักษณะความเหมาะสมในการใช้งาน โดยท่อทุกชนิดต้องเป็นท่อโลหะตามมาตรฐาน ANSI ชุบป้องกันสนิมโดยวิธี Hot-Dip Galvanized ซึ่งผลิตขึ้นเพื่อใช้งานร้อยสายไฟฟ้า

2.11 ปฏิบัติการใช้งาน Google Sheet [7]

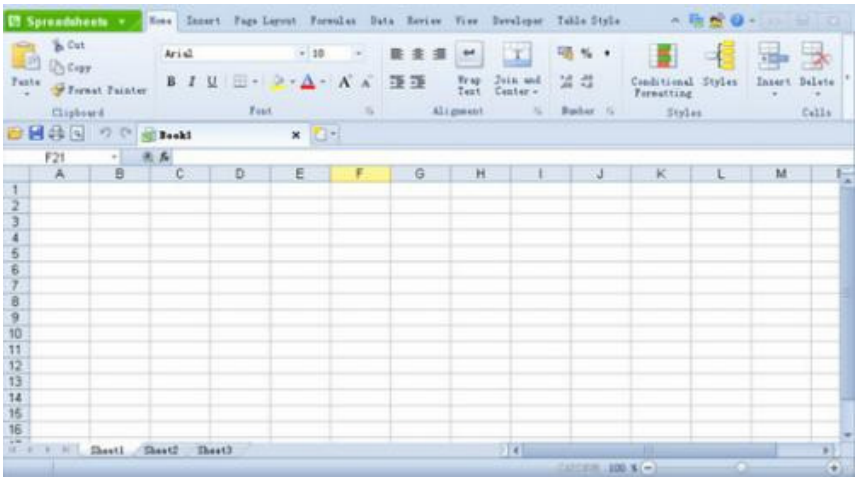
Google Sheets เป็นแอพพลิเคชั่นในกลุ่มของ Google Drive ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ของ Google มี ลักษณะการทำงานคล้าย ๆ กับ Microsoft Excel มีการสร้างคอลัมน์ และแถว สามารถใส่ข้อมูลต่าง ๆ ลงไป ในเซลล์ได้ สามารถคำนวณสูตรต่างๆ ได้ แต่วิธีการใช้สูตรคำนวณจะแตกต่างจาก Microsoft Excel Google Sheets ไม่ต้องติดตั้งที่เครื่อง สามารถใช้งานบนเว็บได้เลย โดยไฟล์จะถูกบันทึกไว้ที่ Server ของ Google ทำให้สามารถเปิดใช้งานได้ ไม่ว่าจะอยู่ที่ใด เพียงมีเว็บเบราว์เซอร์และอินเตอร์เน็ต Google Sheets สามารถแชร์ไฟล์ให้ผู้อื่นร่วมใช้งานได้ และมีระบบ Real time สามารถบันทึกได้อัตโนมัติ นอกจากนี้ ยังสามารถ Save หรือ Export ออกมาใช้งานกับ Microsoft Excel ที่เครื่องของเราได้อีกด้วย ทำให้การทำงาน สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยการล็อกอินเข้าใช้งานในเว็บไซต์ Google ด้วย google account หรือ gmail วิธีใช้สเปรดชีต (spreadsheet) เพื่อสร้างเอกสารตอบกลับที่สร้างด้วย Google Form ที่สามารถรับข้อมูลจากบุคคลอื่นๆ ที่กรอกเข้ามาได้ และข้อมูลนั้นจะถูกเก็บบันทึกไว้ในเอกสารงานของเรา ซึ่งสเปรดชีตตัวนี้จะมีประโยชน์มากในการนำไปใช้งาน

2.12 สเปรดชีต (spreadsheet) [7]

สเปรดชีต (spreadsheet) หรือแผ่นตารางทำการ คือ แผ่นงานที่มีลักษณะ เป็นช่องตามตารางสี่เหลี่ยม ใช้สำหรับการจัดเรียงข้อมูลและคำนวณเป็นหลัก มีโปรแกรม สเปรดชีต (spreadsheet) ที่เป็นที่นิยมอยู่มากมาย แต่สเปรดชีต (spreadsheet) ออนไลน์ของ Google เป็น Application ที่ใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้ใช้สามารถสร้างสเปรดชีต (spreadsheet) ได้อย่างง่ายดาย เช่น ข้อมูลผลการคำนวณ การสร้างแผนภูมิเพื่อนำเสนอข้อมูล รวมไปถึงฟอร์มหรือแบบสอบถามออนไลน์สำหรับเก็บข้อมูล ทั้งยังสามารถแบ่งปันให้ ผู้อื่นได้แก้ไขและทำงานร่วมกันในสเปรดชีตสเปรดชีต (spreadsheet) ของตนได้ Google Sheets เป็น Apps สร้างสเปรดชีต (spreadsheet) เป็นอีกหนึ่ง Apps ใหม่จากทาง Google คุณสมบัติเอาไว้จัดการสร้างสเปรดชีตเหมือนกับไฟล์บนโปรแกรม Microsoft Excel สามารถเปิด แก้ไขไฟล์ สเปรดชีต (spreadsheet) ล่าสุดได้ทันที แชร์ และทำงานร่วมกับเพื่อนๆ ภายในสเปรดชีต (spreadsheet) เดียวกัน รองรับการจัดการกับตาราง ไม่ว่าจะเป็นการเรียงลำดับ บวก ลบ คูณ หาร หรือฟังก์ชั่นอื่นๆ ที่ควรจะมีในสเปรดชีต (spreadsheet) โปรแกรม Excel Google Sheets สามารถทำงานได้โดยที่เราไม่ได้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต รองรับการเปิดไฟล์สเปรดชีต (spreadsheet) แบบต่างๆ มากมาย

2.13 คุณสมบัติของ สเปรดชีต (spreadsheet) [7]

1. สร้างสเปรดชีต (spreadsheet) ใหม่ เปิดและแก้ไขสเปรดชีต (spreadsheet) จากเครื่องใดก็ได้ ที่ใดก็ได้ ทางหน้าเว็บหรืออุปกรณ์อื่น
2. แชร์สเปรดชีต (spreadsheet) และทำงานร่วมกันกับบุคคลอื่นๆ บนสเปรดชีต (spreadsheet) เดียวกันและในเวลาเดียวกัน
3. ทำงานได้ทุกเวลา แม้ขณะที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต
4. จัดรูปแบบเซลล์ ป้อน/จัดเรียงข้อมูล และการทำงานต่างๆ บนสเปรดชีต(spreadsheet)
5. ระบบคลาวด์ (Cloud) จะบันทึกการแก้ไขข้อมูลโดยอัตโนมัติ



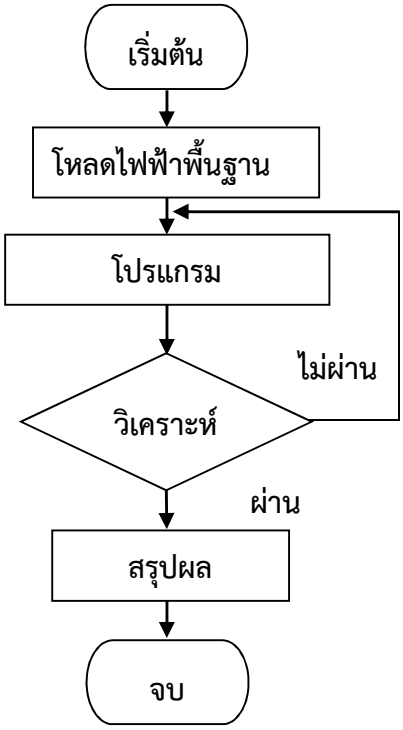
ภาพที่ 2.2 โปรแกรม Spreadsheet [7]

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

Google Sheets เป็น Apps ในกลุ่มของ Google Drive ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ของ Google มีลักษณะการทำงานคล้ายๆ กับ Excel มีการสร้าง Column Row สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ ลงไปใน Cell ได้ คำนวณสูตรต่างๆ ได้ แต่วิธีการใช้สูตรคำนวณจะแตกต่างจาก Excel ไม่ต้องติดตั้งที่เครื่อง สามารถใช้งานบน Web ได้ โดยไฟล์จะถูกบันทึกไว้ที่ Server ของ Google ทำให้สามารถเปิดใช้งานได้ ไม่ว่าจะอยู่ที่ใด เพียงมี Web browser และ อินเตอร์เน็ต สามารถแชร์ไฟล์ให้ผู้อื่นร่วมใช้งานได้ และมีระบบ Real time Save อัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถ Save หรือ Export ออกมาใช้งานกับ Excel ได้ ทำให้การทำงานสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยการล็อกอินเข้าใช้งานในเว็บไซต์ Google ด้วย google account หรือ gmail

3.1 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม

1. รวบรวมข้อมูลที่ได้รับจัดทำตารางโหลด
2. วิเคราะห์รายละเอียดข้อมูลที่ได้รับและการทำงานจริง
3. สรุปความสามารถของระบบที่ใช้งานจริง
4. พัฒนารูปแบบตารางโหลด Excel จากโปรแกรม Spreadsheet
5. ทดสอบโปรแกรมความถูกต้องและการใช้งานรูปแบบออนไลน์



ภาพที่ 3.1 ผังแสดงขั้นตอนการทำงาน

3.2 ขั้นตอนการคำนวณโหลดไฟฟ้า [5]

คำนวณโหลดรวมของสถานที่หรือพื้นที่พักอาศัย โดยการรวม วงจรย่อยทั้งหมดเข้าด้วยกัน แล้วใช้ค่า Demand Factor (D.F) ที่เหมาะสมคูณเข้าไป จากการออกแบบระบบไฟฟ้า และค่าโหลดที่คำนวณได้ ใกล้เคียงกับโหลดไฟฟ้าที่ผู้ออกแบบคาดว่าจะใช้งานจริง

1. กำหนดโหลดไฟฟ้าของสถานประกอบการ เช่น โหลดแสงสว่าง เต้ารับ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวร และ อุปกรณ์พิเศษชนิดอื่นๆ
2. รวมโหลดที่มีขนาดเล็กเป็นวงจรย่อย ดังนี้ วงจรย่อยแสงสว่าง วงจรย่อยเต้ารับ วงจรย่อยโหลดอื่นๆ
3. เขียนเลขที่วงจรย่อยไปยังแผงจ่ายไฟที่กำหนดให้ โดยพยายามให้โหลดสามเฟส เป็นแบบสมดุลที่สุดเท่าที่ทำได้
4. ทำรายการโหลด (Load Schedule) ของแผงจ่ายไฟ คือ การรวมวงจรย่อย ที่อยู่ในเฟสเดียวกันเข้าด้วยกันแล้วรวมโหลดของทั้ง 3 เฟส เข้าด้วยกัน
5. สถานประกอบการหรือที่พักอาศัยเป็นรูปแบบอาคารชุด ที่มีขนาดใหญ่ มีโหลดไฟฟ้าจำนวนมาก จำเป็นต้องมีแผงจ่ายไฟจำนวนมาก ให้ทำ Load Schedule ของทุกแผงจ่ายไฟจนครบ
6. สำหรับโหลดไฟฟ้าขนาดใหญ่ เช่น ลิฟต์ ปั๊มของระบบประปา และน้ำเสีย ระบบปรับอากาศ เป็นต้น อาจจ่ายไฟฟ้าให้เป็นสายป้อน โหลดไฟฟ้าของสายป้อนเหล่านี้ ต้องคิดเพื่อใช้นำไปรวมกับโหลดของแผงจ่ายไฟ
7. นำโหลดรวมของแผงจ่ายไฟมารวมกัน โดยทำเป็นตารางโหลดสายป้อน Feeder Schedule

ตารางรายการโหลดวงจรย่อย

เลขที่แผงย่อย	_____	เซอร์กิตเบรกเกอร์วงจรย่อย	____kA(IC) ที่ ___ V.	สถานที่ติดตั้ง	_____
ระบบไฟฟ้า	1เฟส2 สาย 220 โวลต์	จำนวนวงจรย่อยสูงสุด	_____	การติดตั้ง	_____
ระดับการป้องกัน	_____	พิกัดกระแสบัสบาร์	_____	เลขที่แบบ	_____

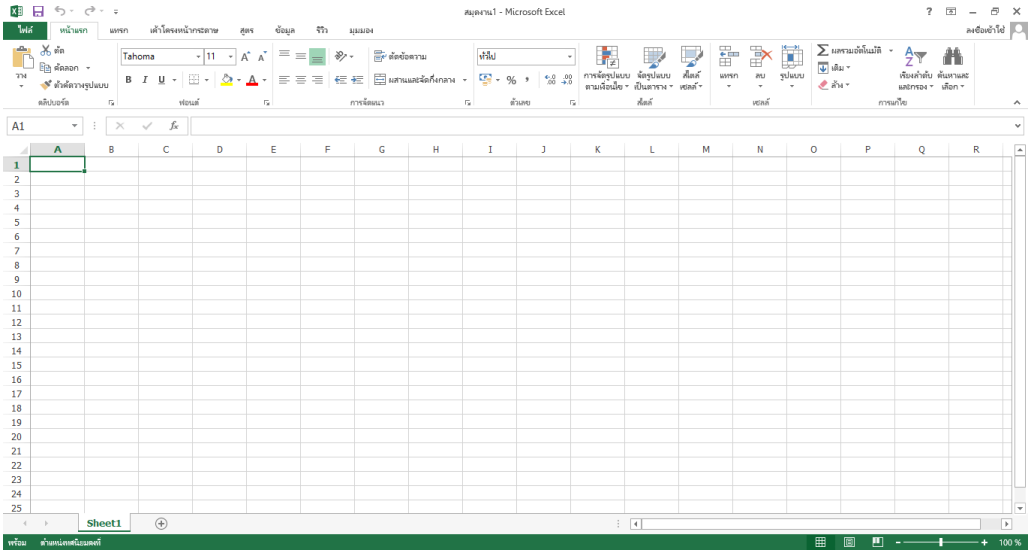
วงจรที่	รายการ	โหลด (VA)	เซอร์กิตเบรกเกอร์ ขั้ว	AT	AF	สายไฟ(ตร.มม.) ขนาด	ชนิด	ไดอะแกรม
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								

	เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์	ขนาดสายป้อน _____
กระแสบัส _____ A.	_____ AT _____ AF	ขนาดท่อร้อยสายป้อน _____
	_____ kA(IC) ที่ _____ V.	ลงวันที่ _____

ภาพที่ 3.2 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย

3.3 โปรแกรมพื้นฐานสำหรับการคำนวณโหลด

โปรแกรม Microsoft Excel หรือเรียกว่า Excel เป็นโปรแกรมประเภท สเปรดชีต (Spread Sheet) เหมาะสำหรับการจัดการเกี่ยวกับการคำนวณ หาผลลัพธ์ การสร้างกราฟ แผนภูมิ ซึ่ง Excel ยังสามารถป้อนข้อความ แทรกรูปภาพ และสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ ของตัวเลข และการจัดการเกี่ยวกับตารางข้อมูลได้ Excel มีฟังก์ชันในการคำนวณให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้มากมาย จึงทำให้สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์คำนวณค่าตัวเลขต่างๆ ได้สะดวก ดังนั้นจึงไม่ต้องสงสัยที่หนึ่งในโปรแกรมประยุกต์ในท้องตลาดจะต้องมีการนำ Excel ไปใช้กับงานหลายๆ สาขาอาชีพ เช่น นักบัญชี นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักสถิติ นักวางแผน และครู อาจารย์ เป็นต้น โดยลักษณะทั่วไปแล้ว Excel เป็นโปรแกรมที่อยู่ในชุดของ Microsoft Office เช่นเดียวกับ โปรแกรม Microsoft PowerPoint และ Microsoft Word ที่นักศึกษาได้เรียนรู้ไปแล้ว ส่วนใหญ่จะมีรูปแบบหน้าจอเมนูคำสั่ง เมนูบาร์ที่มีการสั่งการเหมือนกัน เช่น การปรับเปลี่ยนขนาดตัวอักษร การปรับเปลี่ยนสีตัวอักษร การทำตัวอักษรให้เป็นตัวหนา ตัวเอียง การสร้างตารางข้อมูล เป็นต้น ทั้งนี้จะมีข้อแตกต่างกันในรายละเอียดเฉพาะที่เป็นจุดเด่นของโปรแกรมนั้นๆ ซึ่งในเอกสารนี้จะได้มาเรียนรู้กันในส่วนการใช้งานโปรแกรม Microsoft Excel



ภาพที่ 3.3 โปรแกรม Microsoft Excel สำหรับจัดทำตารางโหลดวงจรย่อย

3.4 การสร้างโปรแกรม Spread Sheet จากตารางโหลดวงจรย่อย

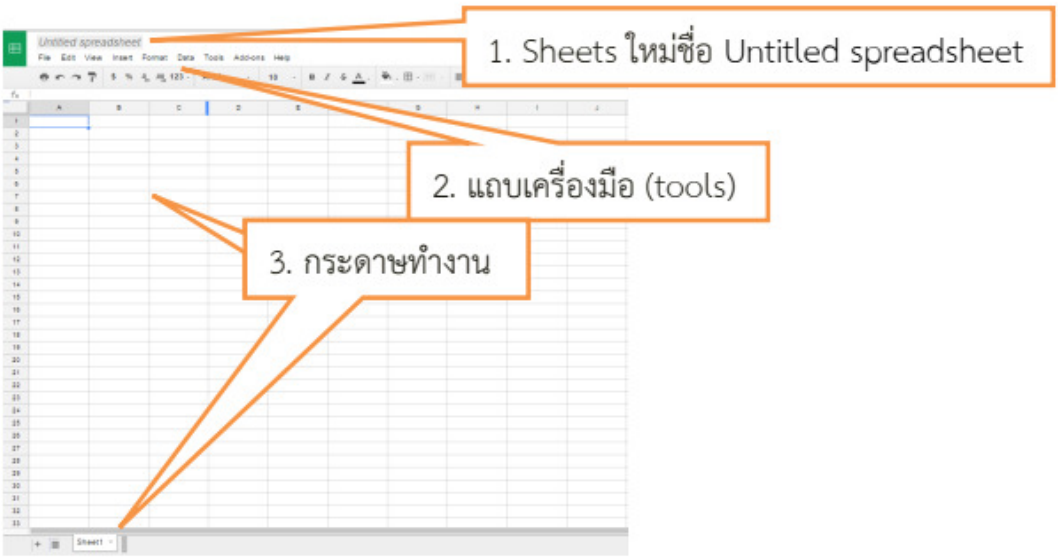
สเปรดชีต (spreadsheet) เอกสารตอบกลับที่สร้างด้วย Google Form สามารถรับข้อมูลจากบุคคลอื่นๆที่กรอกเข้ามาได้ และข้อมูลนั้นจะถูกเก็บบันทึกไว้ในเอกสาร ซึ่ง Spread Sheet (สเปรดชีต) มีประโยชน์มากในการนำไปใช้งาน เช่น ข้อมูลผลการคำนวณทางด้านงานไฟฟ้าสำหรับเก็บข้อมูล

3.4.1 ลักษณะการทำงานของโปรแกรม Spread Sheet

1. สร้างสเปรดชีต (spreadsheet) ใหม่ เปิดและแก้ไขสเปรดชีต (spreadsheet) จากเครื่องใดก็ได้ ที่ใดก็ได้ จากทางหน้าเว็บหรืออุปกรณ์อื่น
2. แชร์สเปรดชีต (spreadsheet) และทำงานร่วมกันกับคนอื่นๆ บนสเปรดชีต (spreadsheet) เดียวกันและในเวลาเดียวกัน
3. ทำงานได้ทุกเวลา แม้ขณะที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต
4. จัดรูปแบบเซลล์ ป้อน/จัดเรียงข้อมูล และการทำงานต่างๆ บนสเปรดชีต (spreadsheet)
5. ระบบคลาวด์ (Cloud) จะบันทึกการแก้ไขข้อมูลโดยอัตโนมัติ

3.4.2 เอกสารสเปรดชีต (spreadsheet)

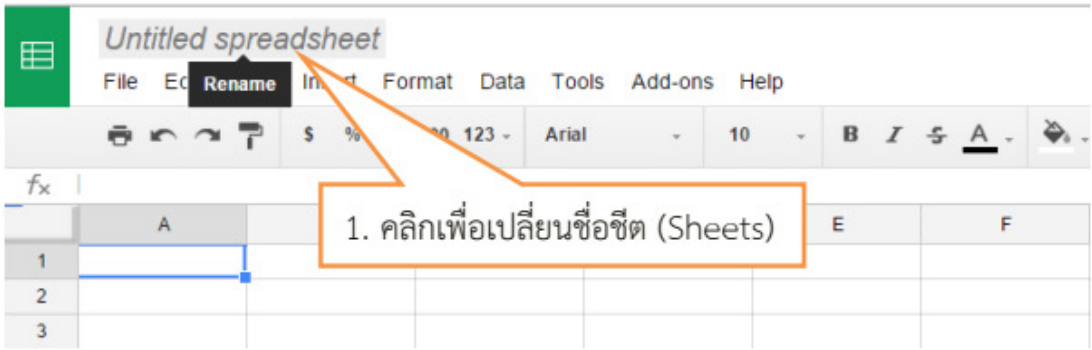
เริ่มต้นจะปรากฏหน้าต่างเอกสารสเปรดชีต (spreadsheet) ให้ผู้ใช้พิมพ์ข้อความที่ต้องการ โดยหน้าจอและคำสั่งของเอกสารสเปรดชีต (spreadsheet) จะคล้ายคลึงกับโปรแกรมเอกเซล (Microsoft Excel)



ภาพที่ 3.4 หน้าต่างเอกสารสเปรดชีต (spreadsheet) [7]

3.4.3 การแก้ไขชื่อเอกสารสเปรดชีต (spreadsheet)

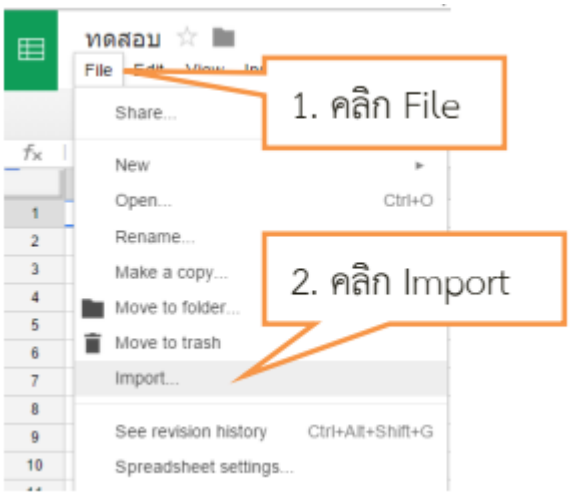
การแก้ไขชื่อเอกสารให้นำเม้าส์ (mouse) ไปชี้ ที่ชื่อเอกสาร คือ "Untitled spreadsheet" จะพบคำสั่ง Rename ดังภาพ (จะไม่มีคำสั่งบันทึก (save) หรือบันทึกเป็น (save as) เหมือนโปรแกรมเอ็กเซล (Microsoft Excel) เพราะ Google จะบันทึกเอกสารอัตโนมัติ ตลอดเวลา



ภาพที่ 3.5 การแก้ไขชื่อเอกสาร spreadsheet [7]

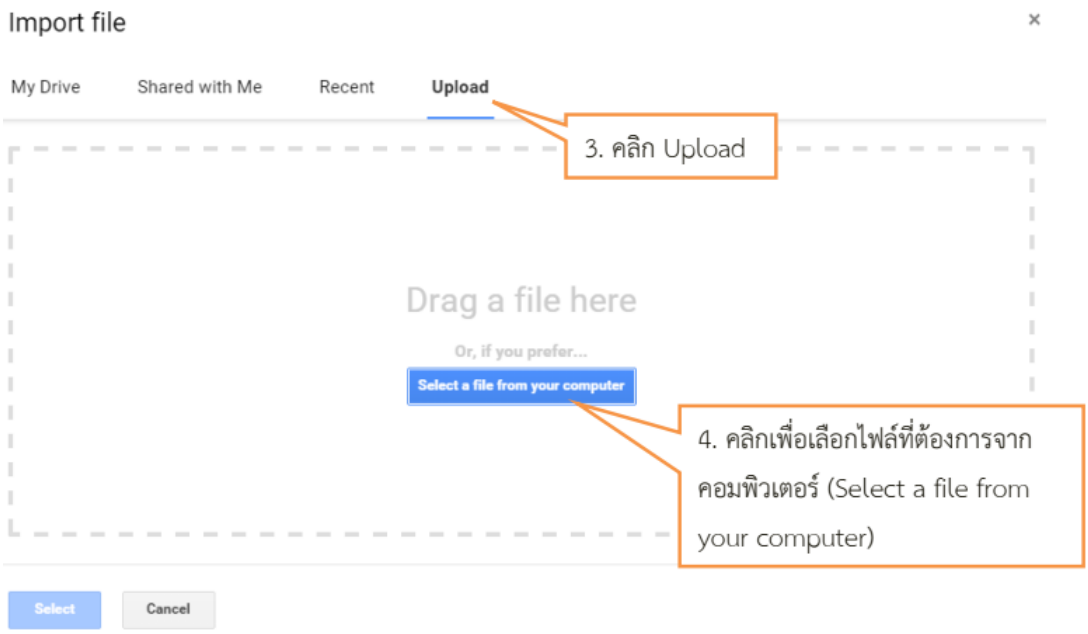
3.4.4 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet

1. การนำ สเปรดชีต (spreadsheet) ที่มีอยู่แล้ว เพื่อแก้ไขหรือเผยแพร่ เลือก ไฟล์ (File) > นำเข้า (Imports...)

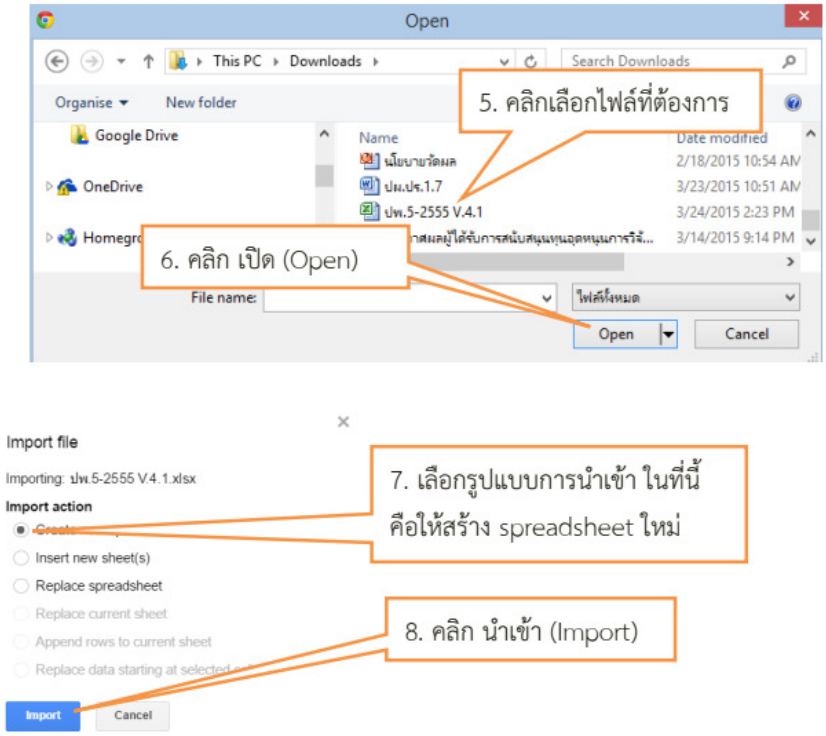


ภาพที่ 3.6 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet [7]

2. เลือกไฟล์ที่ต้องการนำเข้า เลือกลักษณะการนำเข้า และกดปุ่ม Upload ไฟล์ที่เลือกจะปรากฏเป็นสเปรดชีต (spreadsheet) สามารถแก้ไขและแบ่งปันได้



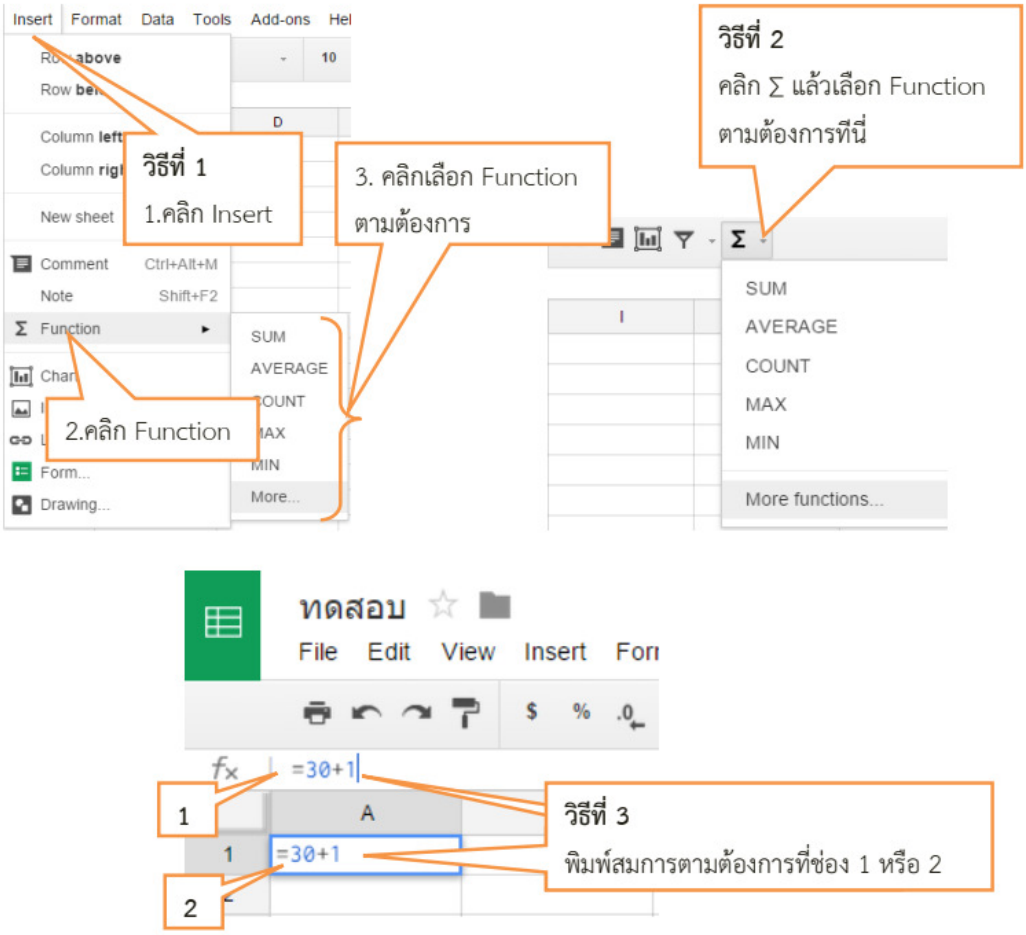
ภาพที่ 3.7 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet [7]



ภาพที่ 3.8 การนำเข้าเอกสาร spreadsheet (ต่อ) [7]

3.4.5 การใช้สเปรดชีต (spreadsheet) คำนวณข้อมูล

วิธีการพิมพ์หรือใช้สูตรในการคำนวณถือเป็นคุณสมบัติสำคัญของสเปรดชีต (spreadsheet) เครื่องมือสำหรับคำนวณข้อมูลในสเปรดชีต (spreadsheet) ได้แก่ เครื่องมือรูปสัญลักษณ์ ∑ สามารถเลือกสูตรเพื่อใช้คำนวณในหมวดหมู่ต่างๆได้ มากมายในการป้อนสูตรการคำนวณ จะต้องป้อนในช่องเซลที่ต้องการให้เป็นช่องเซลที่แสดงผล ซึ่งสูตรที่ป้อนจะต้องขึ้นต้นสูตรด้วยเครื่องหมาย = นำหน้าเสมอ มิฉะนั้นชีต (Sheets) จะไม่คำนวณ สามารถดำเนิน การได้ 3 วิธี ดังแสดงในภาพที่ 3.9



ภาพที่ 3.9 การใช้สูตรคำนวณของสเปรดชีต (spreadsheet) [7]

ตารางที่ 3.1 สูตรในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Formula) [7]

เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่างสูตร
+	บวก	= 30 + 40 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 40
-	ลบ	= 30 - 10 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 20
*	คูณ	= 30*2 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 60
/	หาร	= 30/2 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 15
%	เปอร์เซ็นต์	= 30% จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0.3
^	ยกกำลัง	= 30^2 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 900

ตารางที่ 3.2 สูตรในการเปรียบเทียบ (Comparisons Formula) [7]

เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่างสูตร
=	เท่ากับ	= 35=30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False
>	มากกว่า	= 35>30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ True
<	น้อยกว่า	= 35<30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ	= 35>=30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ True
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	= 35<=30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False
<>	ไม่เท่ากับ	= 35<>30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False

ตารางที่ 3.3 เครื่องหมายในการเชื่อมข้อความสองข้อความหรือมากกว่านั้น (Text Formula) [7]

เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่างสูตร
&	เชื่อมหรือนำคำสองคำมาต่อกันให้เกิดค่าข้อความต่อเนื่องที่เป็นค่าเดียวกัน	= STORY&BOARD จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ STORYBOARD

ตารางที่ 3.4 สูตรในการอ้างอิง (Text Formula) [7]

เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่างสูตร
: (Colon)	บอกช่วงของข้อมูล	=(B1:B5)
เว้นวรรค	กำหนดพื้นที่ทับกัน 2	=SUM(B1:C1 D1:E5)
,(Comma)	ช่วง เอาข้อมูลทั้ง 2 ช่วงมาเชื่อมต่อกัน	=SUM(C1:C5,D7:D8)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่น ๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96	6	576							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	2	180				6.86	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96	4	384							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				2.92	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	2	30							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	6		1,080			6.16	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,370	2,340	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1096	1872	1200	2,600				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,568	VA									
23	กระแสโหลด	30	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	37	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 3.10 โปรแกรมตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปแกรม Excel

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96	6	576							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	2	180				4.86	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96	4	384							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				2.92	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	2	30							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	6		1,080			6.14	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,370	2,340	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1096	1872	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,568	VA									
23	กระแสโหลด	30	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	37	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 3.11 โปรแกรมตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปแกรม spreadsheet

บทที่ 4
การทดสอบและผลการทดสอบ

ผลการออกแบบโปรแกรม Spreadsheet จากโปรแกรมตาราง excel การคำนวณหาค่าโหลดไฟฟ้าวงจรย่อย จากการใส่สูตรคำนวณในโปรแกรม excel พื้นฐาน โหลดไฟฟ้าสำหรับที่พักอาศัย โหลดวงรจรแสงสว่าง โหลดวงจรเต้ารับ โหลดวงจรเครื่องปรับอากาศ และโหลดอื่นๆ เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและมีความสะดวกรวดเร็วในการจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย โดยมีรายละเอียดตามผลการทดสอบดังต่อไปนี้

4.1 ผลการทดสอบ

ขั้นตอนการทดสอบ โปรแกรมการคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน

1) **การคำนวณเพื่อจัดทำรายการโหลด ของบ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)**

วงจรย่อย 1

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W	1 หลอด
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 32 W	6 หลอด
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W	2 หลอด

วงจรย่อย 2

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W	1 หลอด
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 32 W	4 หลอด
- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W	2 หลอด

วงจรย่อย 3

- เต้ารับใช้งานทั่วไป	7 ชุด

วงจรย่อย 4

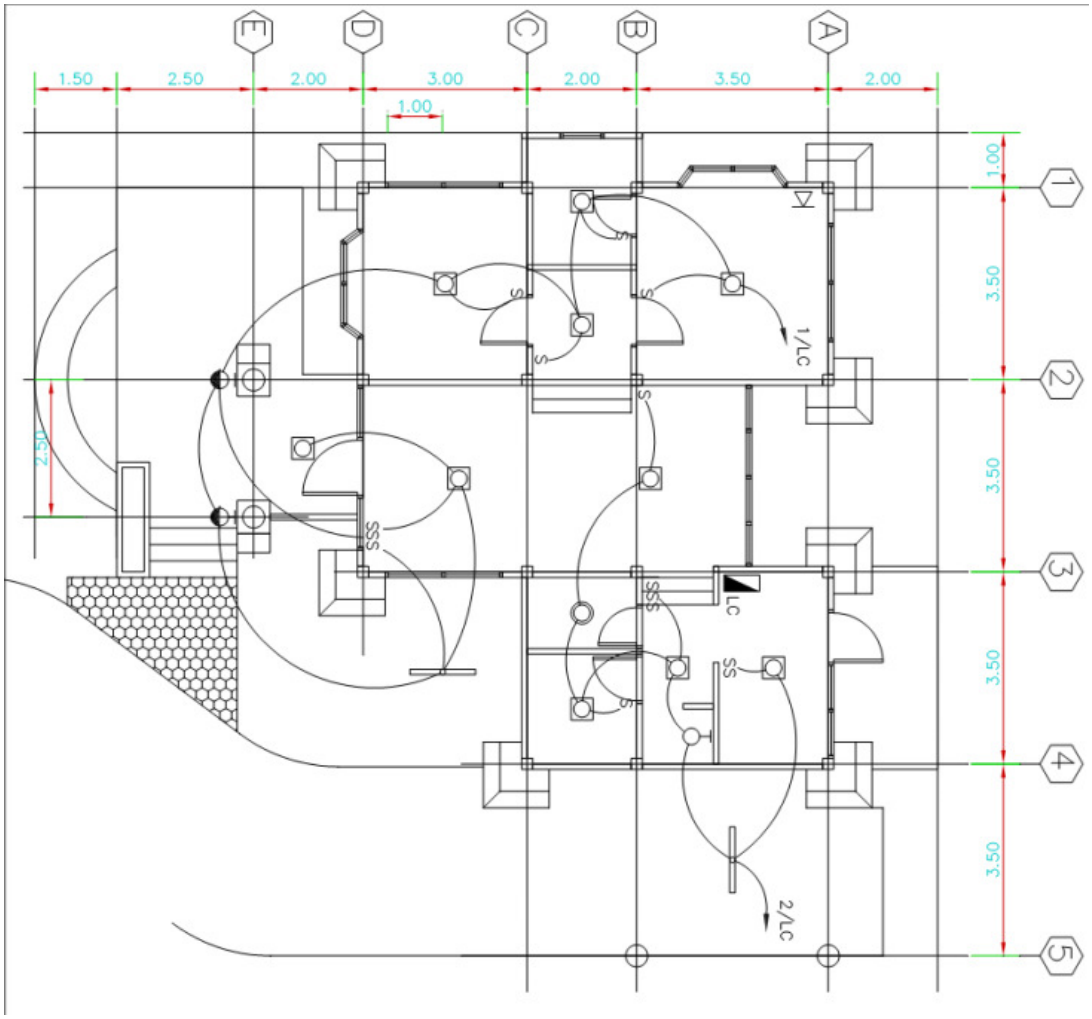
- เต้ารับใช้งานทั่วไป	6 ชุด

วงจรย่อย 5

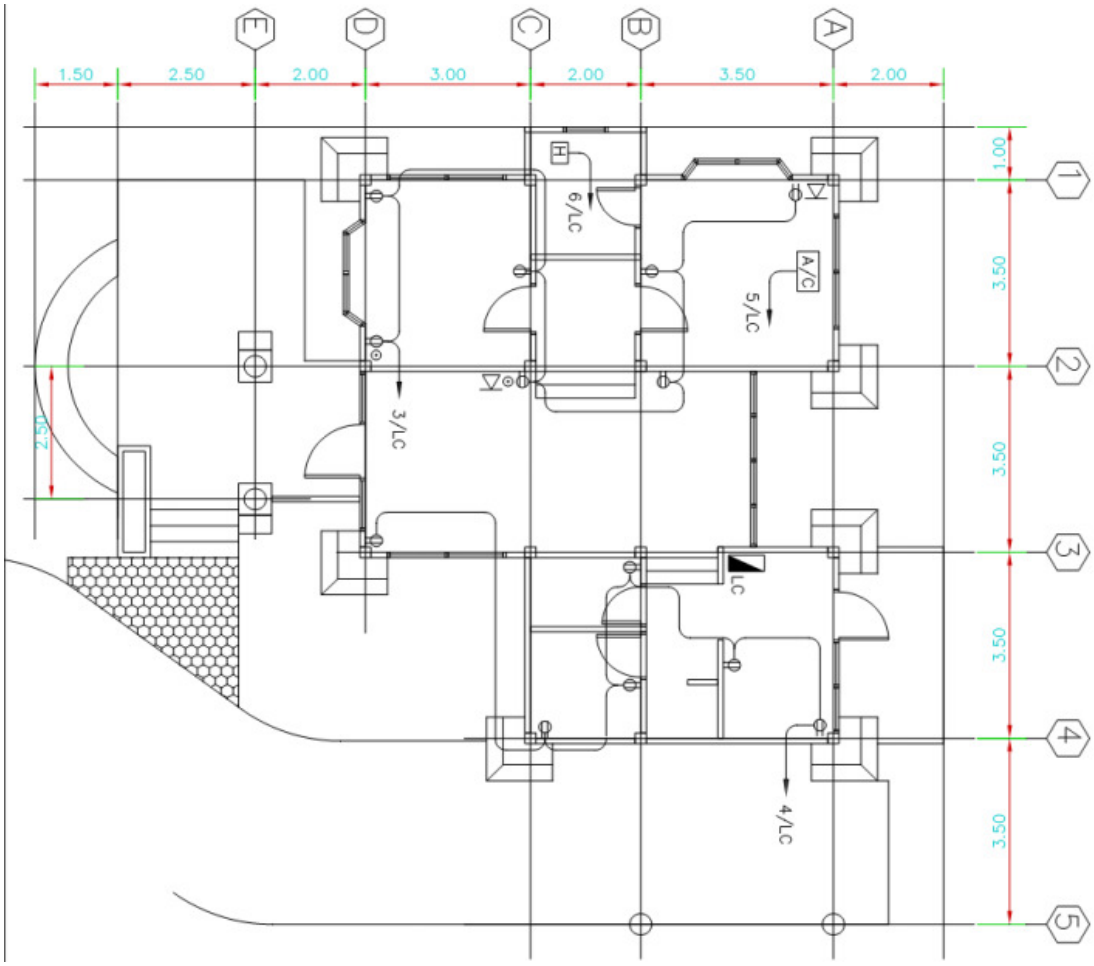
- เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU	1 เครื่อง

วงจรย่อย 6

- เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,500 W	1 เครื่อง



ภาพที่ 4.1 แบบแสดงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)



ภาพที่ 4.2 แบบแสดงระบบไฟฟ้ากำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)

จากภาพที่ 4.1 และ ภาพที่ 4.2 แบบแสดงระบบไฟฟ้าแสงสว่างและระบบไฟฟ้ากำลัง บ้านพักอาศัย กำหนดวงจรย่อยออกเป็น 6 วงจร ดังนี้ วงจรย่อยแสงสว่าง LP1 วงจรย่อยแสงสว่าง LP2 วงจรย่อยเต้ารับ LP3 วงจรย่อยเต้ารับ LP4 วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศ LP5 และ วงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่น LP6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตรมม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96	6	576							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	2	180				4.86	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96	4	384							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				2.92	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	2	30							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	6		1,080			6.14	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,370	2,340	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1096	1872	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,568	VA									
23	กระแสโหลด	30	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	37	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.3 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96	6	576							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	2	180				4.86	10 -	1.5 -	15mm -
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96	4	384							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				2.92	10 -	1.5 -	15mm -
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	2	30							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16 -	2.5 -	20mm -
15	LP4เต้ารับ	180	180	6		1,080			6.14	16 -	2.5 -	20mm -
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20 -	4 -	20mm -
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20 -	4 -	20mm -
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0	-	-	-
19	SPAR								0	-	-	-
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,370	2,340	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1096	1872	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,568	VA									
23	กระแสโหลด	30	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	37	40 -	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10 -								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm -	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.4 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)

2) การคำนวณเพื่อจัดทำรายการโหลด ของบ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)

วงจรย่อย 1

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W 12 หลอด

วงจรย่อย 2

- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W 14 หลอด

วงจรย่อย 3

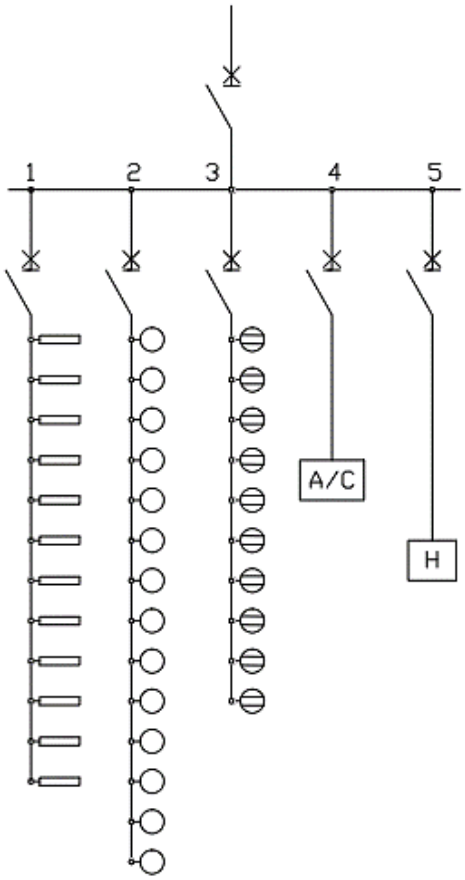
- เต้ารับใช้งานทั่วไป 10 ชุด

วงจรย่อย 4

- เครื่องปรับอากาศขนาด 18,000 BTU 1 เครื่อง

วงจรย่อย 5

- เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,500 W 1 เครื่อง



ภาพที่ 4.5 แบบแสดงวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยกำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตรมม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	12	1,200							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				6.82	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				1.19	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	14	210							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	10		1,800			10.23	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180			0			0.00	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	18,000	1700	1			1,700		10	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,500	3,500	1				3,500	20	25	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,410	1,800	1,700	3,500				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1128	1440	1360	2,800				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,728	VA									
23	กระแสโหลด	31	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	38	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.6 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	12	1,200							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				6.82	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				1.19	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	14	210							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	10		1,800			10.23	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180			0			0.00	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	18,000	1700	1			1,700		10	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,500	3,500	1				3,500	20	25	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,410	1,800	1,700	3,500				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1128	1440	1360	2,800				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,728	VA									
23	กระแสโหลด	31	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	38	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.7 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)

3) การคำนวณเพื่อจัดทำรายการโหลด ของบ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)

วงจรย่อย 1

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W 11 หลอด

วงจรย่อย 2

- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W 10 หลอด

วงจรย่อย 3

- เต้ารับใช้งานทั่วไป 7 ชุด

วงจรย่อย 4

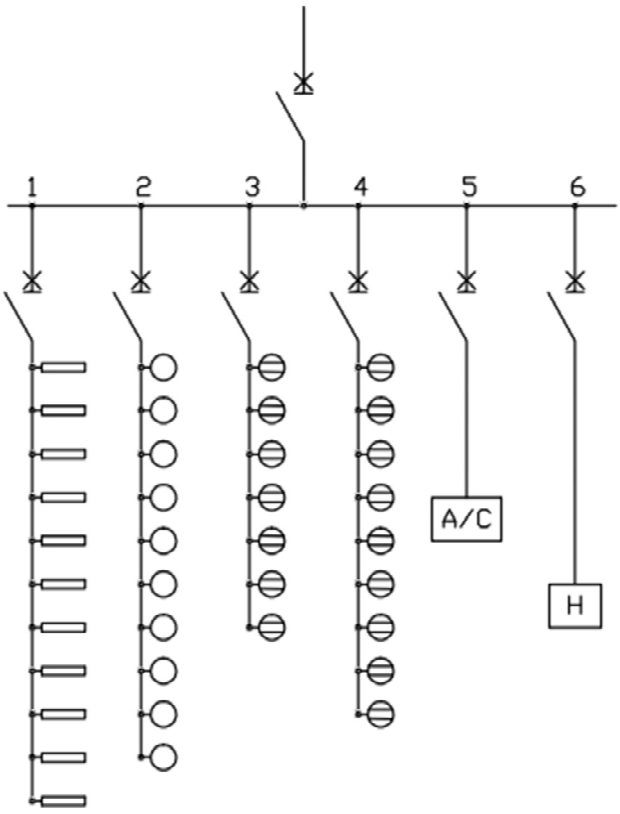
- เต้ารับใช้งานทั่วไป 9 ชุด

วงจรย่อย 5

- เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU 1 เครื่อง

วงจรย่อย 6

- เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,000 W 1 เครื่อง



ภาพที่ 4.8 แบบแสดงวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยกำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)

1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตรมม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	11	1,100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				6.25	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				0.85	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	10	150							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	9		1,620			9.20	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,250	2,880	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1000	2304	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,904	VA									
23	กระแสโหลด	31	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	39	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.9 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)

1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	11	1,100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				6.25	10 -	1.5 -	15mm -
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				0.85	10 -	1.5 -	15mm -
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	10	150							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16 -	2.5 -	20mm -
15	LP4เต้ารับ	180	180	9		1,620			9.20	16 -	2.5 -	20mm -
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20 -	4 -	20mm -
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20 -	4 -	20mm -
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0	-	-	-
19	SPAR								0	-	-	-
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,250	2,880	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1000	2304	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,904	VA									
23	กระแสโหลด	31	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	39	40 -	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10 -								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm -	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											
32												

ภาพที่ 4.10 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)

4) การคำนวณเพื่อจัดทำรายการโหลด ของบ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)

วงจรย่อย 1

- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W 6 หลอด
- หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W 4 หลอด

วงจรย่อย 2

- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W 8 หลอด
- หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 15 W 6 หลอด

วงจรย่อย 3

- เต้ารับใช้งานทั่วไป 5 ชุด

วงจรย่อย 4

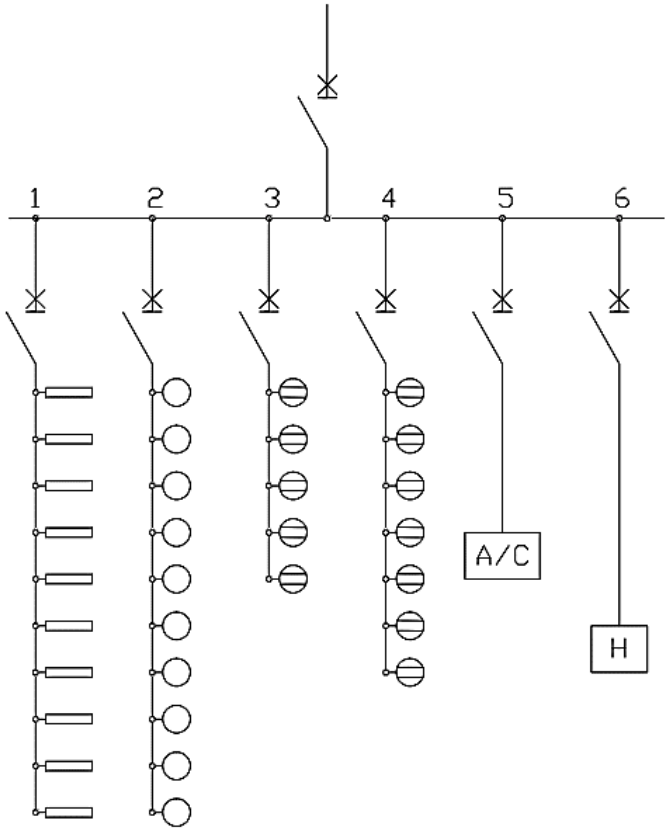
- เต้ารับใช้งานทั่วไป 7 ชุด

วงจรย่อย 5

- เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU 1 เครื่อง

วงจรย่อย 6

- เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,000 W 1 เครื่อง



ภาพที่ 4.11 แบบแสดงวงจรย่อยแสงสว่างและวงจรย่อยกำลัง บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)

1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตรมม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	6	600							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	4	360				5.45	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				1.53	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	8	120							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25	6	150							
14	LP3เต้ารับ	180	180	5		900			5.11	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,230	2,160	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				984	1728	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,312	VA									
23	กระแสโหลด	29	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	36	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											
32												

ภาพที่ 4.12 การจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย excel บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)

1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	6	600							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	4	360				5.45	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				1.53	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	8	120							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25	6	150							
14	LP3เต้ารับ	180	180	5		900			5.11	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,230	2,160	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				984	1728	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,312	VA									
23	กระแสโหลด	29	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	36	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.13 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)

4.2 วิเคราะห์ผลการทดสอบ

จากการใช้โปรแกรมคำนวณรายการโหลดวงจรย่อยตามตัวอย่าง บ้านพักอาศัยทั้ง 4 หลัง โดยใช้รูปแบบการจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อยจากโปรแกรม excle และพัฒนาสู่การนำไปใช้ในรูปแบบโปรแกรม spreadsheet เห็นได้ว่า ผลลัพธ์การคำนวณค่าภายในตารางรายการโหลดวงจรย่อย ซึ่งมีผลลัพธ์ที่เท่ากัน ถูกต้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 โดยโปรแกรม spreadsheet สามารถส่งและรับข้อมูลจากบุคคลอื่นๆที่กรอกเข้ามาได้ และข้อมูลนั้นจะถูกเก็บบันทึกไว้ในเอกสาร ซึ่ง Spread Sheet (สเปรดชีต) มีประโยชน์มากในการนำไปใช้งาน

4.2.1 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)

การทดสอบโดยป้อนค่ากำลังไฟฟ้าจากรายการโหลดที่กำหนดมาให้ โหลดวงจรแสงสว่าง หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 2 หลอด, หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 32 W จำนวน 10 หลอด, หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W จำนวน 2 หลอด, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W จำนวน 2 หลอด โหลดวงจรเต้ารับใช้งานทั่วไป 180 VA จำนวน 13 ชุด โหลดวงจรเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 BTU จำนวน 1 เครื่อง และโหลดวงจรเครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,500W จำนวน 1 เครื่อง

ค่าที่ได้จากการจัดทำโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน จากโปรแกรม excel นำสู่การสร้างโปรแกรม Spread Sheet มีผลลัพธ์ดังนี้

- วงจรแสงสว่างLP1 ขนาดกระแสวงจร 4.86 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรแสงสว่างLP2 ขนาดกระแสวงจร 2.92 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรเต้ารับLP3 ขนาดกระแสวงจร 7.16 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
- วงจรเต้ารับLP4 ขนาดกระแสวงจร 6.14 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
- วงจรเครื่องปรับอากาศLP5 ขนาดกระแสวงจร 9 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 20 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.
- วงจรเครื่องทำน้ำอุ่นLP6 ขนาดกระแสวงจร 17 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 20 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.

รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 6,568 VA กระแสโหลด 30 A (พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด) เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40AT/50AF ขนาดสายประธาน IEC 01 ขนาด 10 sq.mm.

1	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96	6	576							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	2	180				4.86	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100	1	100							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96	4	384							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				2.92	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	2	30							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	6		1,080			6.14	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,370	2,340	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1096	1872	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,568	VA									
23	กระแสโหลด	30	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	37	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.14 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 1)

จากภาพที่ 4.14 ผลการทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ข้อกำหนดดังนี้

- วงจรย่อยแสงสว่างใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.2 โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้วไม่เกิน 3,000 VA คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเต้ารับใช้งานทั่วไปใช้ ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.3 โหลดเต้ารับรวม 10 kVA แรก คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องปรับอากาศ คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่นใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องทำน้ำร้อน(หรือน้ำอุ่น) คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- โหลดรวมพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT

4.2.2 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)

การทดสอบโดยป้อนค่ากำลังไฟฟ้าจากรายการโหลดที่กำหนดมาให้ โหลดวงจรแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 12 หลอด, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W จำนวน 14 หลอด โหลดวงจรเต้ารับใช้งานทั่วไป 180 VA จำนวน 10 ชุด โหลดวงจรเครื่องปรับอากาศ ขนาด 18,000 BTU จำนวน 1 เครื่อง และโหลดวงจรเครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,500W จำนวน 1 เครื่อง

ค่าที่ได้จากการจัดทำโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน จากโปรแกรม excel นำสู่การสร้างโปรแกรม Spread Sheet มีผลลัพธ์ดังนี้

- วงจรแสงสว่างLP1 ขนาดกระแสวงจร 6.82 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรแสงสว่างLP2 ขนาดกระแสวงจร 1.19 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรเต้ารับLP3 ขนาดกระแสวงจร 10.23 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
- วงจรเครื่องปรับอากาศLP5 ขนาดกระแสวงจร 10 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 20 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.
- วงจรเครื่องทำน้ำอุ่นLP6 ขนาดกระแสวงจร 20 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 25 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.

รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 6,728 VA กระแสโหลด 31 A (พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด) เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40AT/50AF ขนาดสายประธาน IEC 01 ขนาด 10 sq.mm.

	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย												
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	12	1,200							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				6.82	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				1.19	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	14	210							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	10		1,800			10.23	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180			0			0.00	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	18,000	1700	1			1,700		10	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,500	3,500	1				3,500	20	25	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,410	1,800	1,700	3,500				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1128	1440	1360	2,800				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,728	VA									
23	กระแสโหลด	31	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	38	40	AF (A)	60						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.15 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 2)

จากภาพที่ 4.15 ผลการทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ข้อกำหนดดังนี้

- วงจรย่อยแสงสว่างใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.2 โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้วไม่เกิน 3,000 VA คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเต้ารับใช้งานทั่วไปใช้ ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.3 โหลดเต้ารับรวม 10 kVA แรก คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องปรับอากาศ คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่นใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องทำน้ำร้อน(หรือน้ำอุ่น) คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- โหลดรวมพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT

4.2.3 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)

การทดสอบโดยป้อนค่ากำลังไฟฟ้าจากรายการโหลดที่กำหนดมาให้ โหลดวงจรแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 11 หลอด, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W จำนวน 10 หลอด โหลดวงจรเต้ารับใช้งานทั่วไป 180 VA จำนวน 16 ชุด โหลดวงจรเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 BTU จำนวน 1 เครื่อง และโหลดวงจรเครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,000W จำนวน 1 เครื่อง

ค่าที่ได้จากการจัดทำโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน จากโปรแกรม excel นำสู่การสร้างโปรแกรม Spread Sheet มีผลลัพธ์ดังนี้

- วงจรแสงสว่างLP1 ขนาดกระแสวงจร 6.25 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรแสงสว่างLP2 ขนาดกระแสวงจร 0.85 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรเต้ารับLP3 ขนาดกระแสวงจร 7.16 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.

- วงจรเต้ารับLP4 ขนาดกระแสวงจร 9.20 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
- วงจรเครื่องปรับอากาศLP5 ขนาดกระแสวงจร 9 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 20 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.
- วงจรเครื่องทำน้ำอุ่นLP6 ขนาดกระแสวงจร 17 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 25 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.

รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 6,904 VA กระแสโหลด 31 A (พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด) เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40AT/50AF ขนาดสายประธาน IEC 01 ขนาด 10 sq.mm.

	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย												
3	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
5	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	11	1,100							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				6.25	10 -	1.5 -	15mm -
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				0.85	10 -	1.5 -	15mm -
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	10	150							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
14	LP3เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16 -	2.5 -	20mm -
15	LP4เต้ารับ	180	180	9		1,620			9.20	16 -	2.5 -	20mm -
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20 -	4 -	20mm -
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20 -	4 -	20mm -
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0	-	-	-
19	SPAR								0	-	-	-
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,250	2,880	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				1000	2304	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,904	VA									
23	กระแสโหลด	31	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	39	40 -	AF (A)	60						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10 -								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm -	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											
32												

ภาพที่ 4.16 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 3)

จากภาพที่ 4.16 ผลการทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ข้อกำหนดดังนี้

- วงจรย่อยแสงสว่างใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.2 โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้วไม่เกิน 3,000 VA คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเต้ารับใช้งานทั่วไปใช้ ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.3 โหลดเต้ารับรวม 10 kVA แรก คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องปรับอากาศ คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของ

กระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT

- วงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่นใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องทำน้ำร้อน(หรือน้ำอุ่น) คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- โหลดรวมพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT

4.2.4 บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)

การทดสอบโดยป้อนค่ากำลังไฟฟ้าจากรายการโหลดที่กำหนดมาให้ โหลดวงจรแสงสว่างหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W จำนวน 6 หลอด, หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W จำนวน 4 หลอด, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 9 W จำนวน 8 หลอด, หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 15 W จำนวน 6 หลอด โหลดวงจรเต้ารับใช้งานทั่วไป 180 VA จำนวน 12 ชุด โหลดวงจรเครื่องปรับอากาศ ขนาด 12,000 BTU จำนวน 1 เครื่อง และโหลดวงจรเครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3,000W จำนวน 1 เครื่อง

ค่าที่ได้จากการจัดทำโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน จากโปรแกรม excel นำสู่การสร้างโปรแกรม Spread Sheet มีผลลัพธ์ดังนี้

- วงจรแสงสว่างLP1 ขนาดกระแสวงจร 5.45 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรแสงสว่างLP2 ขนาดกระแสวงจร 1.53 A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
- วงจรเต้ารับLP3 ขนาดกระแสวงจร 5.11 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
- วงจรเต้ารับLP4 ขนาดกระแสวงจร 7.16 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
- วงจรเครื่องปรับอากาศLP5 ขนาดกระแสวงจร 9 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 20 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.
- วงจรเครื่องทำน้ำอุ่นLP6 ขนาดกระแสวงจร 17 A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 25 A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.

รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 6,312 VA กระแสโหลด 29 A (พิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด) เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40AT/50AF ขนาดสายประธาน IEC 01 ขนาด 10 sq.mm.

	ตารางรายการโหลดวงจรย่อย											
2	ชั้นที่	จำนวน	โหลด	จำนวน	รวมโหลดแสงสว่าง	รวมโหลดเต้ารับ	รวมโหลด AIR	รวมโหลดอื่นๆ	ขนาดกระแส	ขนาดเบรกเกอร์	ขนาดสายไฟฟ้า	ท่อร้อยสายไฟฟ้า
3	รวมโหลดชั้นที่ 1	กำลังไฟฟ้า(W)	(VA)		(VA)	(VA)	(VA)	(VA)	A	AT	(ตร.มม.)	(mm)
4	LP1โหลดแสงสว่าง FL	36	100	6	600							
5	LP1โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
6	LP1โหลดแสงสว่าง FL	18	90	4	360				5.45	10	1.5	15mm
7	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	9	15		0							
8	LP1โหลดแสงสว่าง CFL	15	25		0							
9	LP2โหลดแสงสว่าง FL	36	100		0							
10	LP2โหลดแสงสว่าง FL	32	96		0							
11	LP2โหลดแสงสว่าง FL	18	90		0				1.53	10	1.5	15mm
12	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	9	15	8	120							
13	LP2โหลดแสงสว่าง CFL	15	25	6	150							
14	LP3เต้ารับ	180	180	5		900			5.11	16	2.5	20mm
15	LP4เต้ารับ	180	180	7		1,260			7.16	16	2.5	20mm
16	LP5เครื่องปรับอากาศ 1	12,000	1500	1			1,500		9	20	4	20mm
17	LP6เครื่องทำน้ำอุ่น 1	3,000	3,000	1				3,000	17	20	4	20mm
18	มอเตอร์ปั๊มน้ำ								0			
19	SPAR								0			
20	รวมโหลดสายป้อน (VA)				1,230	2,160	1,500	3,000				
21	โหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์				984	1728	1200	2,400				
22	รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์	6,312	VA									
23	กระแสโหลด	29	A									
24	เลือกใช้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์	AT (A)	36	40	AF (A)	50						
25	เลือกใช้สายไฟฟ้า	IEC01	ขนาด	10								
26	เลือกใช้สายกราวน์	IEC01	ขนาด	10								
27	เลือกใช้ท่อขนาด	EMT	25mm	IC (KA)	10							
28												
29	หมายเหตุ พื้นที่สีเหลืองใส่ค่ากำลังไฟฟ้าจาก Nameplate ของโหลดแต่ละประเภท											
30	พื้นที่สีฟ้าใส่จำนวนหลอดไฟแต่ละประเภท											
31	พื้นที่สีส้มใส่ประเภทสายไฟฟ้าและประเภทท่อร้อยสายไฟฟ้า											

ภาพที่ 4.17 ผลทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า โปรแกรม spreadsheet บ้านพักอาศัย (ตัวอย่างที่ 4)

จากภาพที่ 4.17 ผลการทดสอบคำนวณโหลดไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564 ข้อกำหนดดังนี้

- วงจรย่อยแสงสว่างใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.2 โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้วไม่เกิน 3,000 VA คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเต้ารับใช้งานทั่วไปใช้ ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.3 โหลดเต้ารับรวม 10 kVA แรก คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องปรับอากาศใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องปรับอากาศ คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- วงจรย่อยเครื่องทำน้ำอุ่นใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 2.4 อาคารที่อยู่อาศัยเครื่องทำน้ำร้อน(หรือน้ำอุ่น) คิด 100% กำหนดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน 125% ของกระแสโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT
- โหลดรวมพิกัดกระแสของสายไฟฟ้าสำหรับโหลดต่อเนื่องต้องไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดโหลด การเลือกใช้ขนาดสายไฟฟ้า IEC01 และการเลือกใช้ท่อร้อยสายไฟฟ้า EMT

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้จัดทำเพื่อการศึกษาและออกแบบโปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับบ้านพักอาศัย ใช้ในการคำนวณรายการโหลดวงจรย่อย วงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ และอื่นๆ ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส สำหรับบ้านพักอาศัย โดยใช้ข้อมูลจากตารางเอ็กเซลพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและความสะดวกสำหรับผู้ใช้งาน ในการคำนวณหาค่าสามารถแสดงค่าต่างๆ ตามตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน อยู่ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป โปรแกรม Spreadsheet โดยบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลการทดลองและอุปสรรคปัญหาที่พบจากการทำวิทยานิพนธ์

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อการคำนวณหาค่าตารางรายการโหลดวงจรย่อย โดยการป้อนข้อมูลกำลังไฟฟ้าของโหลดภายในวงจรย่อยต่างๆ แสดงผลในรูปแบบตารางรายการโหลดวงจรย่อย ทำให้เกิดประสิทธิภาพและความรวดเร็วในการปฏิบัติงาน ช่วยอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นรูปแบบแอปพลิเคชั่นจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย หรือคำนวณระบบไฟฟ้าพื้นฐานในรูปแบบต่างๆ ทั้งระบบไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย อาคารชุด หรืองานติดตั้งไฟฟ้าภายในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ต่อไปได้

5.2 อภิปรายผล

จากการใช้โปรแกรมคำนวณโหลดวงจรย่อยของบ้านพักอาศัย ตามรายการโหลดวงจรย่อยเทียบกับการคำนวณรายการโหลดวงจรย่อยวิธีการคำนวณด้วยมือและการเปิดตาราง ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564 พบว่าโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐานสามารถคำนวณหาค่าตามรูปแบบตารางรายการโหลดไฟฟ้า เพื่อหาค่าต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. โปรแกรมสามารถคำนวณรายการโหลดวงจรย่อย ได้ตามที่กำหนดรายการไว้เท่านั้น
2. ในกรณีที่รายการโหลดวงจรย่อยนอกเหนือจากที่จัดทำไว้ สามารถนำมาพัฒนาในการคำนวณได้
3. โปรแกรม Spreadsheet เป็นเพียงโปรแกรมพื้นฐานในการจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย จากฐานข้อมูลตาราง excel โดยใช้ในรูปแบบออนไลน์และออฟไลน์ได้
4. โปรแกรมการคำนวณตารางรายการโหลดวงจรย่อยสามารถพัฒนาเป็นรูปแบบแอปพลิเคชั่น สะดวกต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] ศุลี บรรจงจิตร, *หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า*, กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น, 2556.

[2] ลือชัย ทองนิล, *การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ตามมาตรฐานของการไฟฟ้า สำหรับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรมและอาคารชุด*, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), ครั้งที่ 12, 2548.

[3] คณะกรรมการมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ในคณะกรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ.2564*, ครั้งที่ 1, 2565.

[4] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, *คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า*, Bangkok Cable Co., Ltd 2557.

[5] มนตรี เงาเดช, *การออกแบบระบบไฟฟ้า*, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา, ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 3, 2562.

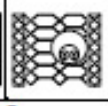
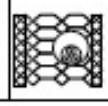
[6] คณะอนุกรรมการการปรับปรุงมาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ, *มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ พ.ศ.2564*, ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 4, 2564.

[7] การสร้างและแก้ไข Google Sheet Spreadsheet https://www.google.com/ intl /th_th /sheets/ about/ เข้าดูเมื่อวันที่ 12/11/2564.

[8] พีรวัตร คงสาคร น้ำผึ้ง ปัถวี และ บุญเลิศ สื่อเฉย, “โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับบ้านพักอาศัย Program of Calculate the Basic Electrical Load Schedule for Housing” *การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2565 ครั้งที่ 9*, รายงานสืบเนื่องจากการประชุม SAUNIC 2022 หน้าที่ 266-273.

ภาคผนวก ก
ขนาดกระแสของสายไฟฟ้า IEC 01 และท่อร้อยสาย

ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1 กิโลโวลต์ อุณหภูมิตัวนำ 70 °C อุณหภูมิโดยรอบ 40 °C เดินในท่อร้อยสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, VCT, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายไร้ฮาโลเจน, สายควันน้อย							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54
25	70	65	64	59	88	78	77	70
35	86	80	77	72	109	97	96	86
50	104	96	94	86	131	116	117	103
70	131	121	118	109	167	146	149	130
95	158	145	143	131	202	175	180	156
120	183	167	164	150	234	202	208	179
150	209	191	188	171	261	224	228	196
185	238	216	213	194	297	256	258	222
240	279	253	249	227	348	299	301	258
300	319	291	285	259	398	343	343	295
400	-	-	-	-	475	-	406	-
500	-	-	-	-	545	-	464	-

หมายเหตุ

1) *อุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก 40 °C ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-43*
2) *ในกรณีมีจำนวนตัวนำกระแสมากกว่า 1 กลุ่มวงจร ในท่อร้อยสาย ให้ใช้ตัวคูณปรับค่าตามที่ระบุไว้ในตารางที่ 5-8*
3) *ดูคำอธิบายรูปแบบการติดตั้งในตารางที่ 5-47*
4) *ดูคำอธิบายรหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งานในตารางที่ 5-48*
5) *สามารถใช้งานในระบบไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 1.5 กิโลโวลต์ได้*

สำนักงานคำศัพท์ mee.engineer@gmail.com

จำนวนสูงสุดขงสายไฟฟ้าขนาดเดียวกัน มอก.11-2553 รหัสชนิด 60227 IEC 01 ที่ใช้ในท่อโลหะตาม มอก.770-2533

ขนาดสายไฟ (mm^2)	จำนวนสายสูงสุดของสายไฟฟ้า ขนาดเดียวกันในท่อร้อยสาย											
1.5	8	14	22	37	-	-	-	-	-	-	-	-
2.5	5	10	15	25	39	-	-	-	-	-	-	-
4	4	7	11	19	30	-	-	-	-	-	-	-
6	3	5	9	15	23	37	-	-	-	-	-	-
10	1	3	5	9	14	22	37	-	-	-	-	-
16	1	2	4	6	10	16	27	42	-	-	-	-
25	1	1	2	4	6	10	17	27	34	-	-	-
35	1	1	1	3	5	8	14	21	27	33	-	-
50	-	1	1	1	3	6	10	15	19	24	38	-
70	-	-	1	1	3	4	7	12	15	18	29	42
95	-	-	1	1	1	3	5	8	11	13	21	30
120	-	-	-	1	1	2	4	7	9	11	17	25
150	-	-	-	1	1	1	3	5	7	9	14	20
185	-	-	-	1	1	1	3	4	6	7	11	16
240	-	-	-	-	1	1	1	3	4	5	8	12
300	-	-	-	-	-	1	1	2	3	4	7	10
400	-	-	-	-	-	1	1	1	2	3	5	8
เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อร้อยสาย	15	20	25	32	40	50	65	80	90	100	125	150

จำนวน ค่าคง mee.engineer@gmail.com

ภาคผนวก ข
การใช้ Google Spreadsheet (Excel)

การใช้ Google Spreadsheet(Excel)

Google Spreadsheet เป็น Apps ในกลุ่มของ Google Drive ซึ่งเป็นนวัตกรรมใหม่ของ Google มีลักษณะการทำงานคล้ายๆ กับ Excel มีการสร้าง Column Row สามารถใส่ข้อมูลต่างๆ ลงไปใน Cell ได้ คำนวณสูตรต่างๆ ได้ แต่วิธีการใช้สูตรคำนวณจะแตกต่างจาก Excel ไม่ต้องติดตั้งที่เครื่อง สามารถใช้งานบน Web ได้ โดยไฟล์จะถูกบันทึกไว้ที่ Server ของ Google ทำให้สามารถเปิดใช้งานได้ ไม่ว่าจะอยู่ที่ใด เพียงมี Web browser / Google Spreadsheet App on Smartphone และ อินเตอร์เน็ต สามารถแชร์ไฟล์ให้ผู้อื่นร่วมใช้งานได้ และมีระบบ Real time Save อัตโนมัติ นอกจากนี้ยังสามารถ Save หรือ Export ออกมาใช้งานกับ Excel ที่เครื่องของเราได้อีกด้วย ทำให้การทำงานสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น โดยการล็อกอินเข้าใช้งานในเว็บไซต์ Google ด้วย Google account หรือ Gmail ก็สามารถเข้าไปทำงานได้

วิธีใช้สเปรดชีต (spreadsheet) เพื่อสร้างเอกสารตอบกลับที่สร้างด้วย Google Form ที่สามารถรับข้อมูลจากบุคคลอื่นๆที่กรอกเข้ามาได้ และข้อมูลนั้นจะถูกเก็บบันทึกไว้ในเอกสารงานของเรา ซึ่ง Spread Sheet (สเปรดชีต) ตัวนี้เองจะมีประโยชน์มากในการเอาไปใช้งาน เช่น ข้อมูลผลการเรียนของนักเรียน บัญชีรายจ่ายสร้างแผนภูมิเพื่อนาเสนอข้อมูล รวมไปถึงฟอร์มหรือแบบสอบถาม แบบทดสอบออนไลน์ สาหรับเก็บข้อมูล

ความหมายของสเปรดชีต (spreadsheet)

สเปรดชีต (Spreadsheet) หรือแผ่นตารางทำการ คือ แผ่นงานที่มีลักษณะเป็นช่องตามรางสี่เหลี่ยม ใช้สาหรับการจัดเรียงข้อมูลและคำนวณเป็นหลักมีโปรแกรมสเปรดชีต (Spreadsheet) ที่เป็นที่นิยมอยู่มากมาย แต่สเปรดชีต (spreadsheet) ออนไลน์ของ Google เป็น Application ที่ใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้ใช้สามารถสร้างสเปรดชีต (Spreadsheet) ได้อย่างง่ายดาย ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลผลการเรียนของนักเรียน บัญชีรายจ่าย เป็นต้น สามารถสร้างแผนภูมิเพื่อนาเสนอข้อมูล รวมไปถึงฟอร์มหรือแบบสอบถามออนไลน์สาหรับเก็บข้อมูล ทั้งยังสามารถแบ่งปันให้ผู้อื่นได้แก้ไขและทำงานร่วมกันในสเปรดชีต (Spreadsheet) ของตนได้ Google Sheets เป็น Apps สร้างสเปรดชีต (Spreadsheet) เป็นอีกหนึ่ง Apps ใหม่จากทาง Google คุณสมบัติเอาไว้จัดการสร้างสเปรดชีต เหมือนกับไฟล์บน โปรแกรม Microsoft Excel สามารถเปิด แก้ไขไฟล์สเปรดชีต (Spreadsheet) ล่าสุดได้ทันที แชร์(Share) และทำงานร่วมกับเพื่อนๆ ภายในสเปรดชีต (Spreadsheet) เดียวกัน รองรับการจัดการกับตาราง ไม่ว่าจะเป็นการเรียงลาดับ บวก ลบ คูณ หาร หรือฟังก์ชั่นอื่นๆ ที่ควรจะมีในสเปรดชีต (Spreadsheet) โปรแกรม Excel Google Sheets สามารถทำงานได้โดยที่เราไม่ได้เชื่อมต่อกับอินเตอร์เน็ต รองรับการเปิดไฟล์ สเปรดชีต (Spreadsheet) แบบต่างๆ มากมาย

คุณสมบัติ

1. สร้างสเปรดชีต (Spreadsheet) ใหม่ เปิดและแก้ไข สเปรดชีต (Spreadsheet) จากเครื่องใดก็ได้ ที่ใดก็ได้ จากทางหน้าเว็บหรืออุปกรณ์อื่น
2. แชร์สเปรดชีต (Spreadsheet) และทำงานร่วมกันกับคนอื่นๆ บนสเปรดชีต (Spreadsheet) เดียวกัน และในเวลาเดียวกัน
3. ทำงานได้ทุกเวลา แม้ขณะที่ไม่มีอินเทอร์เน็ต
4. จัดรูปแบบเซลล์ ป้อน/จัดเรียงข้อมูล และการทำงานต่างๆ บนสเปรดชีต (Spreadsheet)
5. ระบบคลาวด์ (Cloud) จะบันทึกการแก้ไขข้อมูลโดยอัตโนมัติ

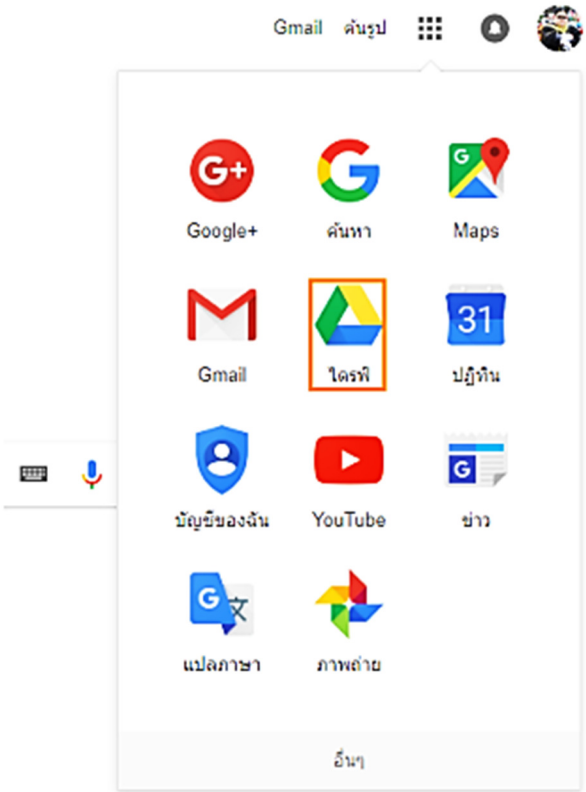
อุปกรณ์สำหรับรองรับการใช้งานสเปรดชีต (Spreadsheet) มีดังนี้

1. อินเทอร์เน็ตความเร็วพอๆ กับเปิดใช้งานเว็บได้
2. เครื่องคอมพิวเตอร์แบบตั้งโต๊ะ (PC) หรือ Notebook หรือ Smartphone
3. เว็บไซต์ Google ใช้เว็บเบราเซอร์ยี่ห้อไหนก็ได้ มี Google Chrome , Firefox , Safari เป็นต้น
4. โปรแกรม Google Sheets หรือที่เรียกว่าสเปรดชีต (Spreadsheet)

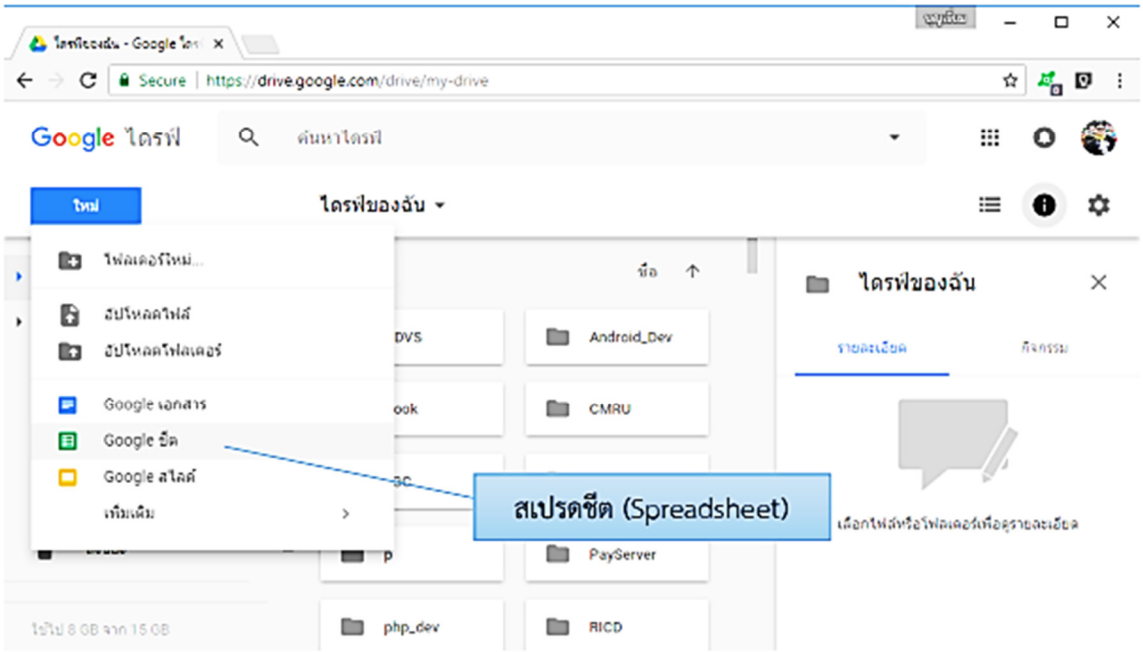
การสร้างเอกสาร Spreadsheet

1. เข้าไปที่ http://www.google.com หรือ http://www.gmail.com ลงชื่อเข้าใช้งาน

2. คลิกที่สัญลักษณ์ App Launcher หรือ Icon Apps เลือก Drive(ไดรฟ์) หรือบางคนที่ใช้งานบ่อยๆ Icon Spreadsheet จะมาแสดงอยู่ตรงนี้

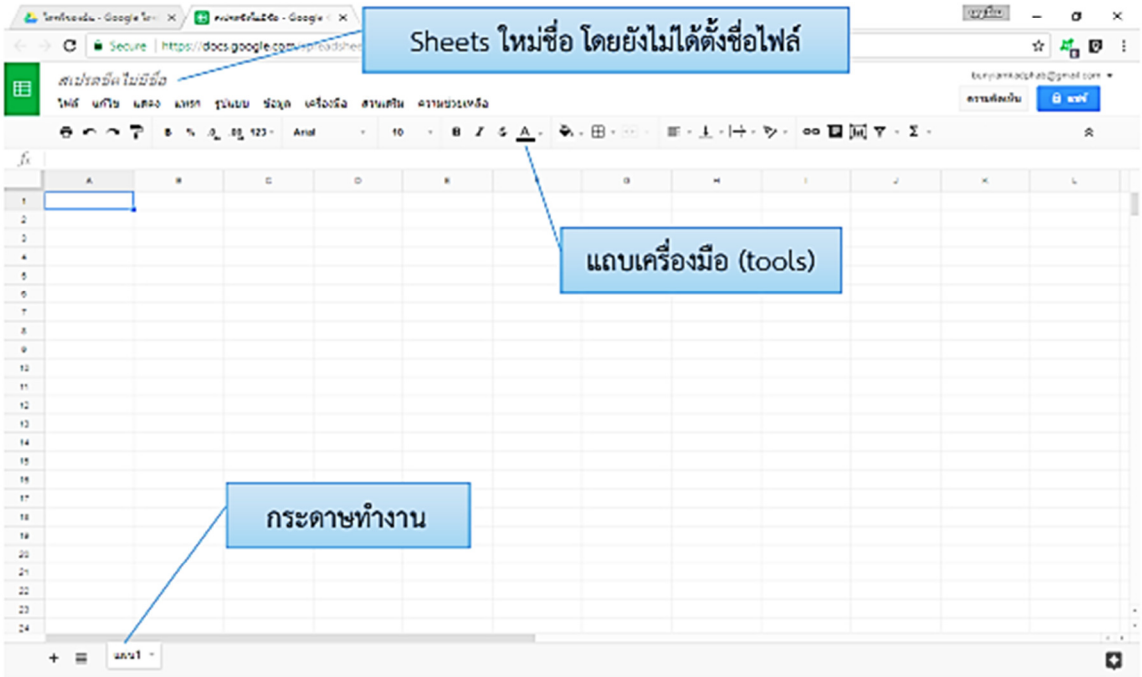


3. เลือก Drive(ไดรฟ์) เสร็จแล้ว จะแสดงหน้าหลักของ Drive(ไดรฟ์) ขึ้นมา ให้ไปที่ ปุ่ม ใหม่ จะมีดรอปดาวน์ลงให้เลือก Google ชีต



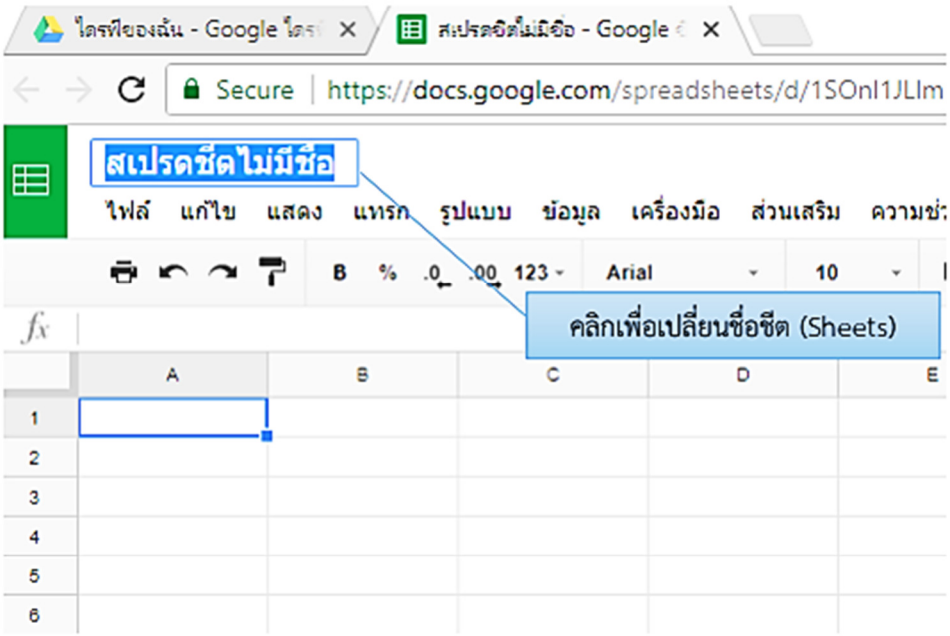
4. จะแสดงหน้าต่างของ Google Spreadsheet

เริ่มต้นจะปรากฏหน้าต่างเอกสารสเปรดชีต (Spreadsheet) ให้ผู้ใช้พิมพ์ข้อความที่ต้องการ โดยหน้าจอและคาสั่งของเอกสารสเปรดชีต (Spreadsheet) จะคล้ายคลึงกับโปรแกรมเอกเซล (Microsoft Excel) ดังภาพ

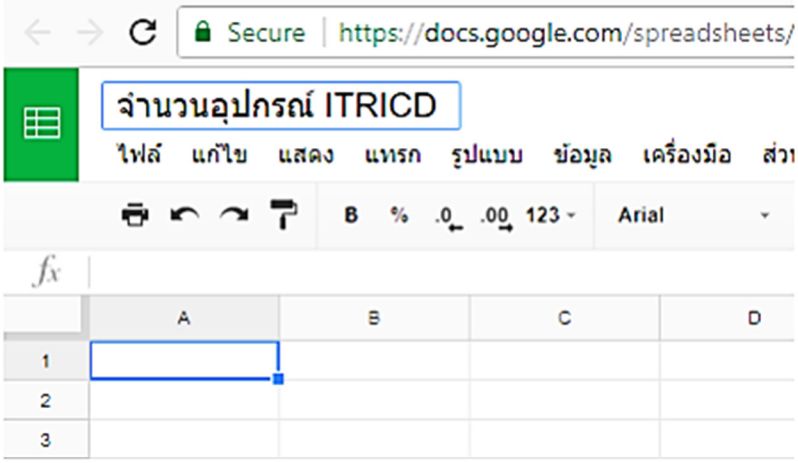


5. การแก้ไขชื่อเอกสารสเปรดชีต (Spreadsheet)

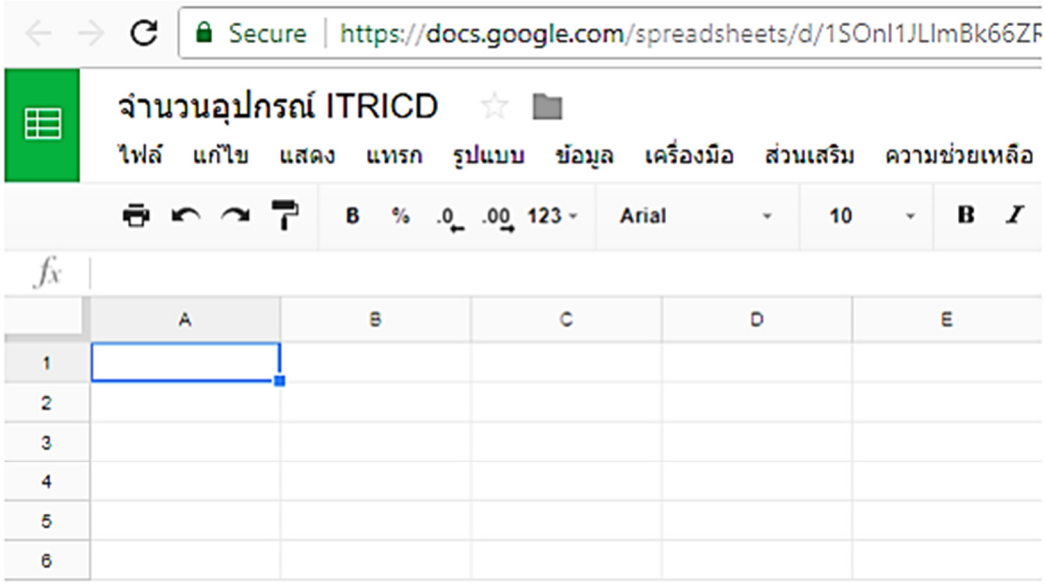
การแก้ไขชื่อเอกสารให้นาเม้าส์ (Mouse) ไปชี้ ที่ชื่อเอกสาร คือ "สเปรดชีตไม่มีชื่อ" จะพบคาสั่ง Rename ดังภาพ (จะไม่มีคาสั่งบันทึก (Save) หรือบันทึกเป็น (Save as) เหมือนโปรแกรมเอ็กเซล (Microsoft Excel) เพราะ Google จะบันทึกเอกสารอัตโนมัติ ตลอดเวลา)



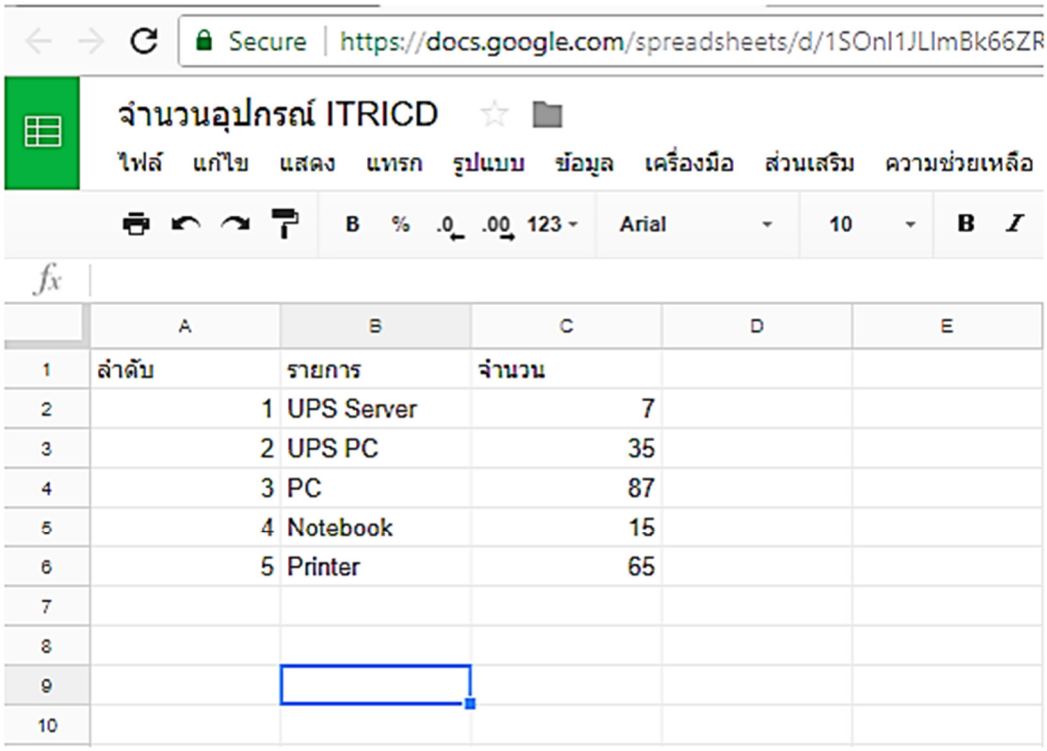
หลังจากพิมพ์ ชื่อเอกสารเสร็จแล้ว กด Enter หรือเลื่อนเอาเมาส์คลิกข้างนอกที่ไม่ใช่บริเวณของชื่อเอกสาร ก็ถือว่าทำการเปลี่ยนชื่อเสร็จแล้ว



ชื่อเอกสารจะเปลี่ยนเป็นชื่อใหม่คือ “จำนวนอุปกรณ์ ITRICD”

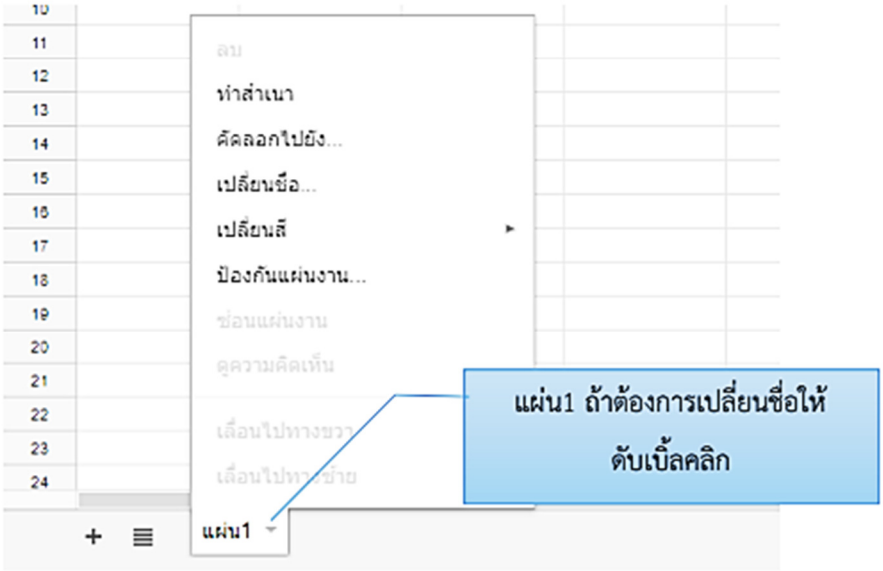


จากการตั้งชื่อไฟล์เสร็จแล้วสามารถที่จะทำการกรอกหรือพิมพ์ข้อมูลที่ต้องการลงไปได้เลย

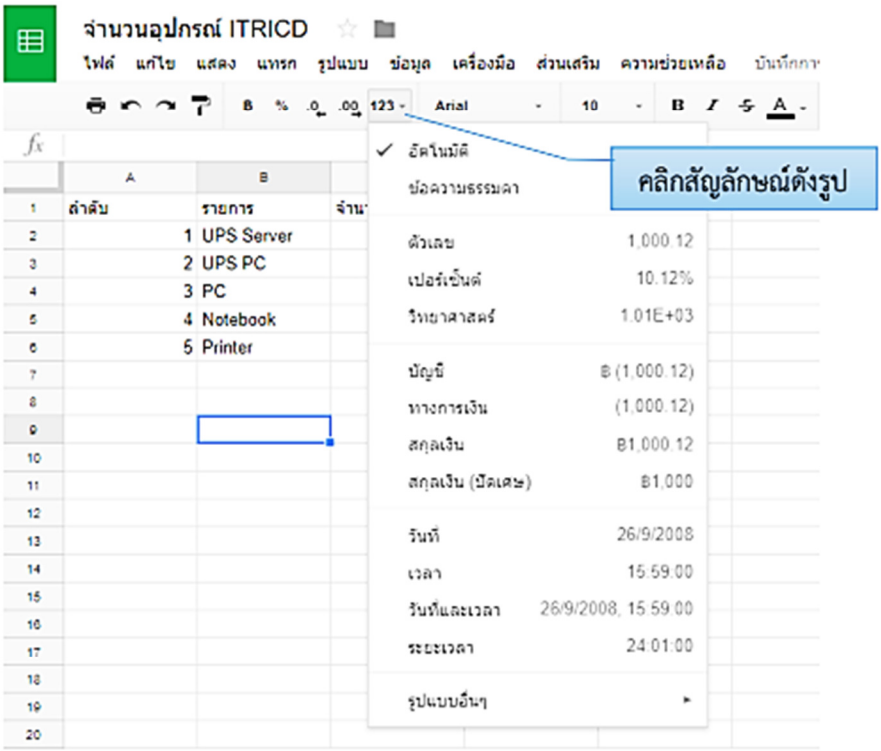


6. เครื่องมือจัดการเอกสาร สเปรดชีต (Spreadsheet) เบื้องต้น

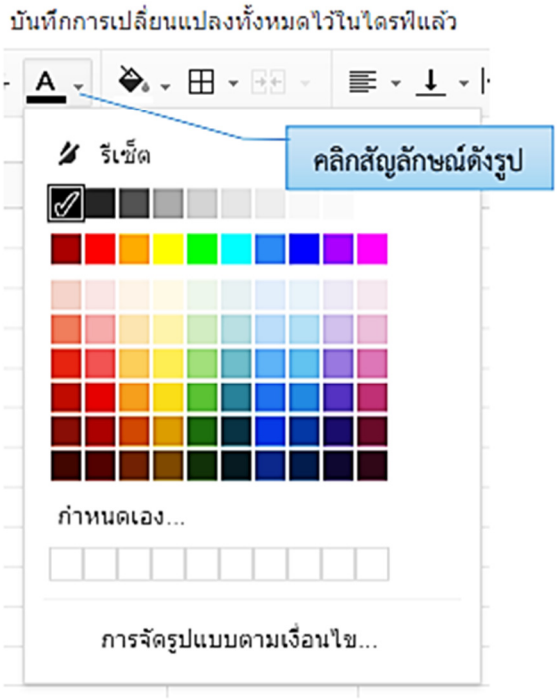
เครื่องมือจัดการแผ่นงาน อยู่มุมล่างซ้ายของหน้า สามารถทำสำเนา เปลี่ยนชื่อ และปรับตำแหน่ง ป้องกันแผ่นงาน รวมทั้งตั้งค่าการป้องกันแผ่นงานได้



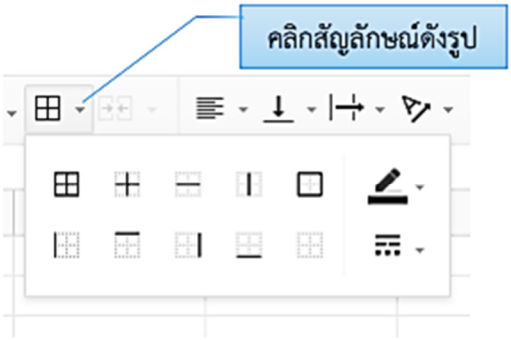
เครื่องมือปรับแต่งรูปแบบตัวเลข สามารถกำหนดลักษณะของตัวเลขในรูปแบบต่าง ๆ ได้ เช่น สกุลเงิน ร้อยละ ทศนิยม วันที่ เวลา เป็นต้น



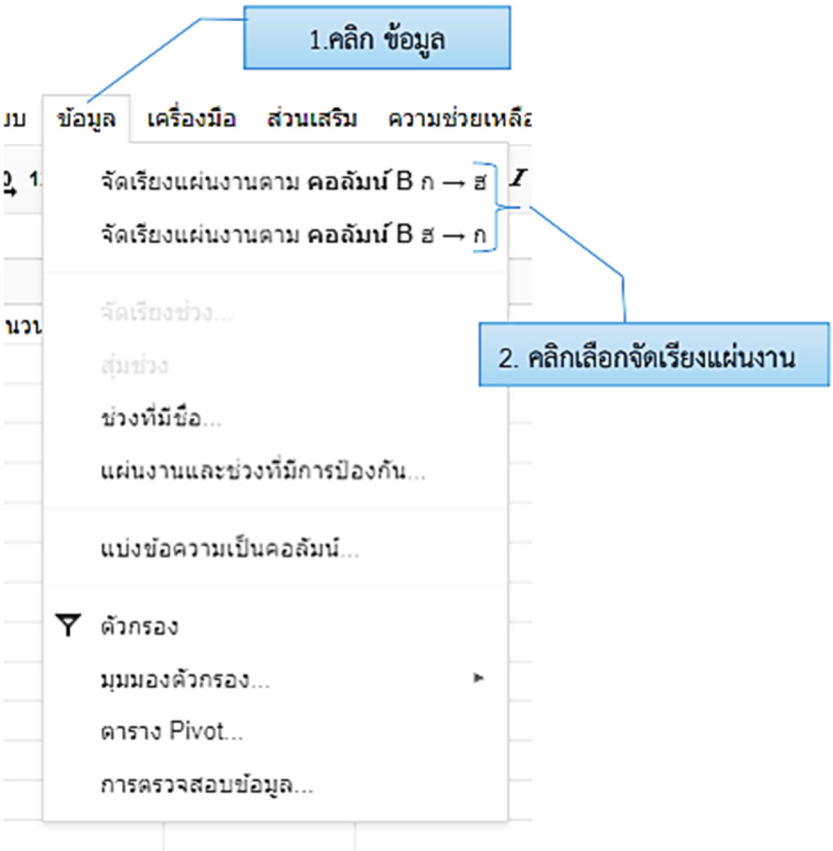
เครื่องมือปรับแต่งแบบอักษร อยู่ด้านบนเหนือบริเวณแผ่นงาน สามารถปรับขนาด ลักษณะและสีของตัวอักษรได้



เครื่องมือปรับแต่งเซลล์ หรือช่องตาราง โดยสามารถปรับแต่งสี เส้นขอบ และการจัดเรียงตัวอักษรได้รวมถึงการผสานเซลล์ด้วย



เครื่องมือจัดเรียงแผ่นงาน เมื่อไปที่เมนู “ข้อมูล (Data)” จะสามารถจัดเรียงแผ่นงานให้เรียงลำดับตามตัวอักษรได้ เหมาะสำหรับการจัดการข้อมูลที่มีลักษณะเป็นรายชื่อ



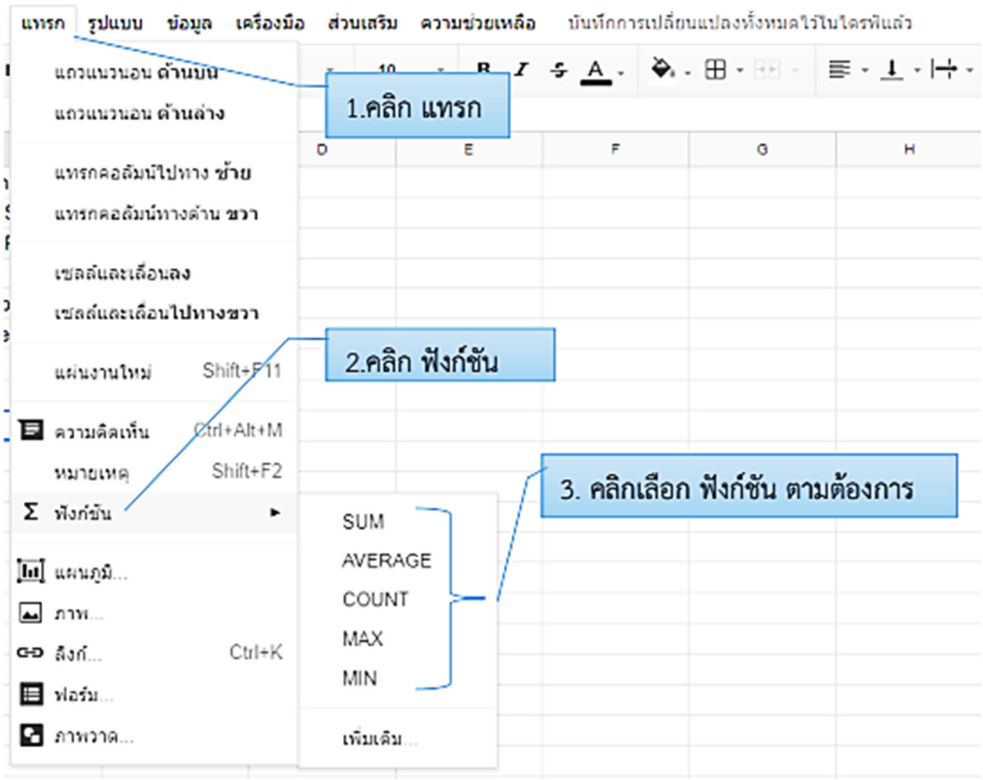
7. การใช้สเปรดชีต (Spreadsheet) คำนวณข้อมูล

วิธีการพิมพ์หรือใช้สูตรในการคำนวณ

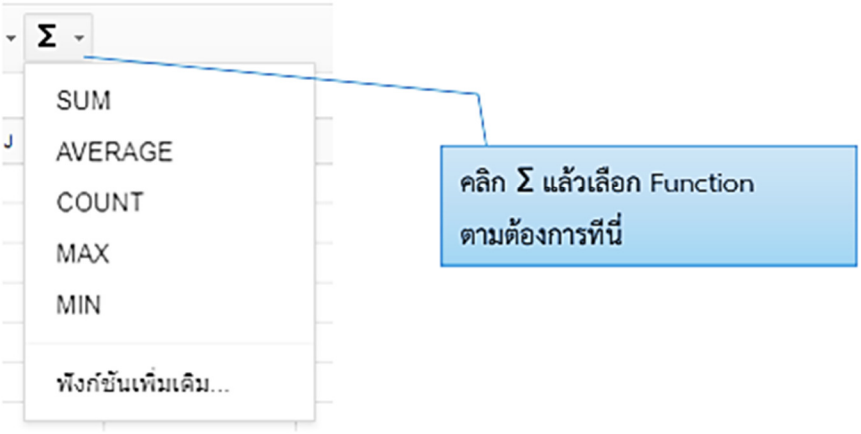
การคำนวณถือเป็นคุณสมบัติสำคัญของสเปรดชีต (Spreadsheet) เครื่องมือสาหรับคำนวณข้อมูลในสเปรดชีต (Spreadsheet) ได้แก่ เครื่องมือรูปสัญลักษณ์ Σ สามารถเลือกสูตรเพื่อใช้คำนวณในหมวดหมู่ต่าง ๆ ได้มากมาย

ในการป้อนสูตรการคำนวณ จะต้องป้อนในช่องเซลที่ต้องการให้เป็นช่องเซลที่แสดงผล ซึ่งสูตรที่ป้อนจะต้องขึ้นต้นสูตรด้วยเครื่องหมาย = นาหน้าเสมอ มิฉะนั้นชีต (Sheets) จะคิดว่าเป็นข้อความธรรมดาและไม่คำนวณ สามารถดาเนินการได้ 3 วิธี ดังนี้

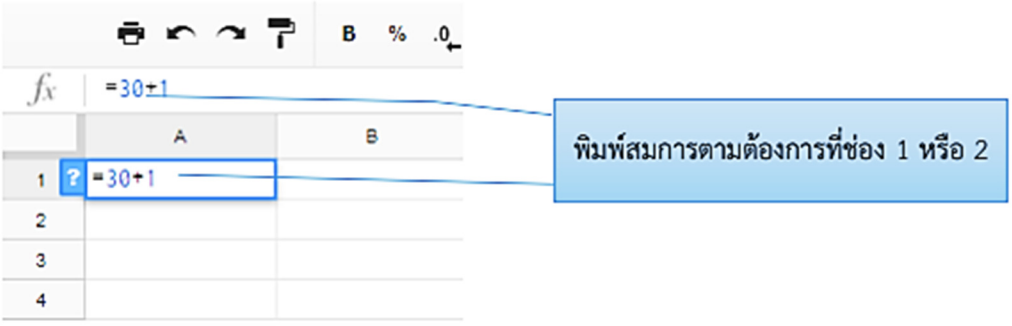
แบบที่ 1



แบบที่ 2


Σ
SUM
AVERAGE
COUNT
MAX
MIN
ฟังก์ชันเพิ่มเติม...
คลิก Σ แล้วเลือก Function
ตามต้องการที่นี่

แบบที่ 3


B
%
.0
fx
=30+1
A
B
1
2
3
4
=30+1
พิมพ์สมการตามต้องการที่ช่อง 1 หรือ 2

ชนิดของสูตร สเปรดชีต (Spreadsheet) มีลักษณะคล้ายกับโปรแกรมเอ็กเซล (Microsoft Excel) ดังนั้นการแบ่งชนิดของสูตร สามารถจำแนกออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

สูตรในการคำนวณทางคณิตศาสตร์ (Arithmetic Formula)

เครื่องหมาย	**ความหมาย**	**ตัวอย่างสูตร**
+	บวก	= 30 + 10 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 40
-	ลบ	= 30 – 10 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 20
*	คูณ	= 30*2 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 60
/	หาร	= 30/2 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 15
%	เปอร์เซ็นต์	= 30% จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 0.3
^	ยกกาลัง	=30^2 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ 900

สูตรในการเปรียบเทียบ (Comparisons Formula)

เครื่องหมาย	**ความหมาย**	**ตัวอย่างสูตร**
=	เท่ากับ	= 35=30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False
>	มากกว่า	=35>30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ True
<	น้อยกว่า	=35<30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False
>=	มากกว่าหรือเท่ากับ	=35>=30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ True
<=	น้อยกว่าหรือเท่ากับ	=35<=30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False
< >	ไม่เท่ากับ	=30< >30 จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ False

เครื่องหมายในการเชื่อมข้อความสองข้อความหรือมากกว่านั้น (Text Formula)

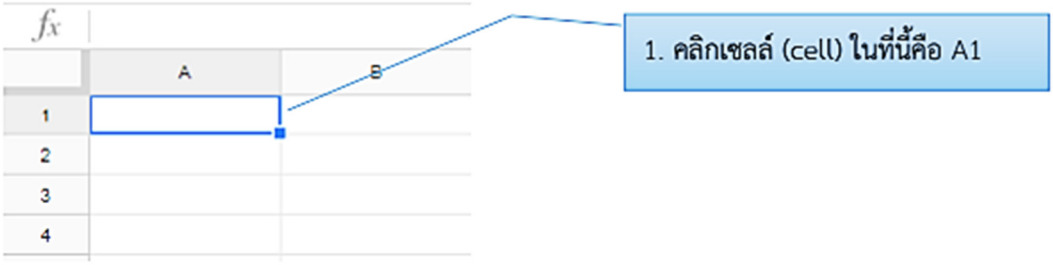
เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่างสูตร
&	เชื่อมหรือนาคาสองคามาต่อกันให้เกิดค่าข้อความต่อเนื่องที่เป็นค่าเดียวกัน	=STORY&BOARD จะได้ผลลัพธ์เท่ากับ STORYBOARD

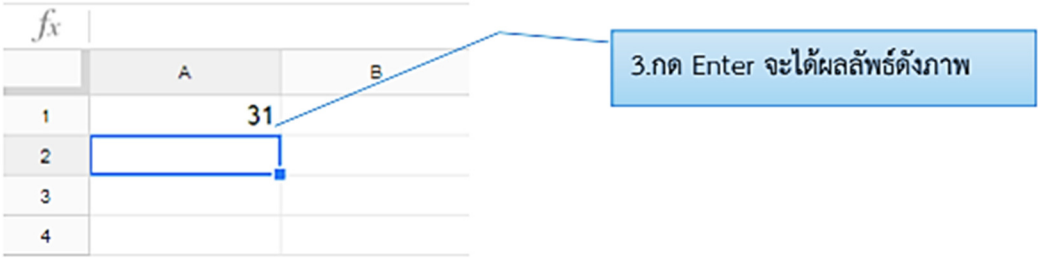
สูตรในการอ้างอิง (Text Formula)

เครื่องหมาย	ความหมาย	ตัวอย่างสูตร
: (Colon)	บอกช่วงของข้อมูล	=(B1:B5)
เว้นวรรค	กำหนดพื้นที่ทับกัน 2 ช่วงเอา	=SUM(B1:C1 D1:E5)
, (Comma)	ข้อมูลทั้ง 2 ช่วงมาเชื่อมต่อกัน	=Sum(C1:C5,D7:D8)

การคำนวณในตาราง

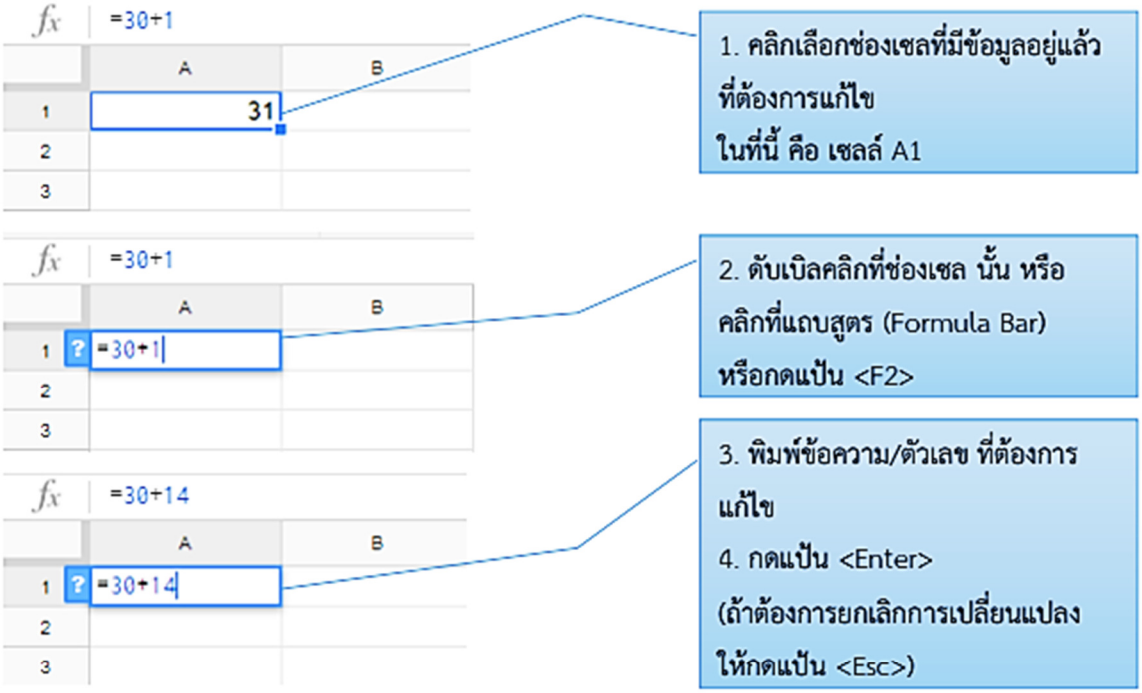
ขั้นตอนการคำนวณในตาราง



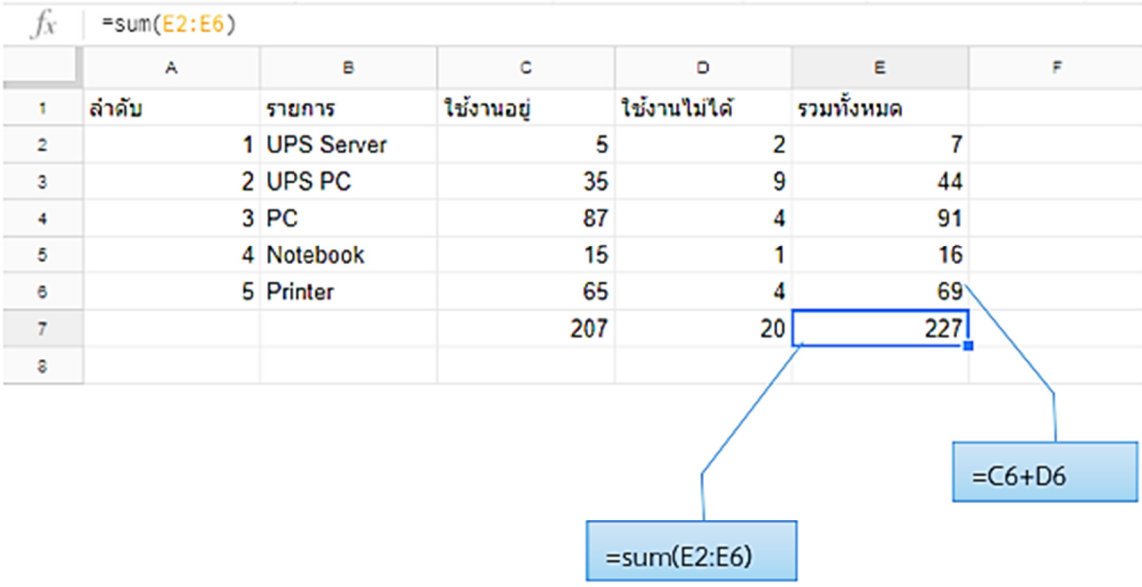


การแก้ไขข้อมูล

การแก้ไขข้อมูลบางส่วนในช่องเซล มีวิธีการดังนี้



ตัวอย่างการนำฟังก์ชันพื้นฐานไปใช้งานเป็นการใช้ฟังก์ชั่นช่วยในการหาผลลัพธ์ของ การสรุปจำนวนอุปกรณ์ IT ดังนี้



	A	B	C	D	E	F
1	ลำดับ	รายการ	ใช้งานอยู่	ใช้งานไม่ได้	รวมทั้งหมด	
2	1	UPS Server	5	2	7	
3	2	UPS PC	35	9	44	
4	3	PC	87	4	91	
5	4	Notebook	15	1	16	
6	5	Printer	65	4	69	
7			207	20	227	
8						

ลำดับความสำคัญของเครื่องหมายการคำนวณ

ตารางแสดงลาดับความสำคัญของเครื่องหมายการคำนวณ

ลาดับ	เครื่องหมาย	เครื่องหมาย
1	( )	วงเล็บ
2	^	ยกกำลัง
3	* และ /	คูณและหาร
4	+ และ -	บวกและลบ
5	&	ตัวเชื่อม
6	=,<,<=	เท่ากับ น้อยกว่า น้อยกว่าหรือเท่ากับ
7	> ,>=, < >	มากกว่า มากกว่าหรือเท่ากับ ไม่เท่ากับ

หมายเหตุ : การทำงานที่อยู่ในระดับเดียวกัน จะคำนวณจากซ้ายไปขวาตามลำดับ

ข้อสังเกตเกี่ยวกับการใส่สูตร

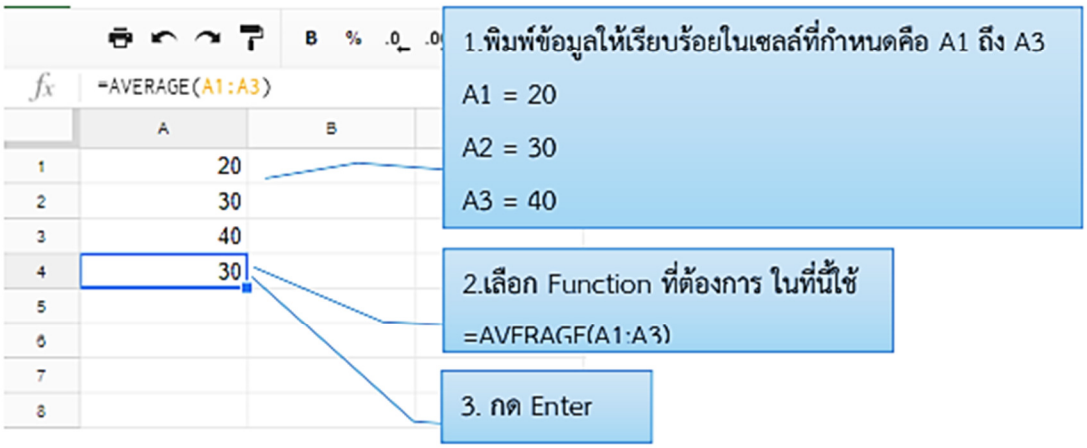
1) สูตรที่ใส่ในเซลล์จะปรากฏให้เห็นในแถบสูตร

2) ค่าที่เป็นผลลัพธ์ของสูตรจะปรากฏในเซลล์สำหรับเก็บผลลัพธ์

3) กรณีที่มีนิพจน์หลายเครื่องหมายจะทำงานตามลำดับเครื่องหมาย

การใช้ฟังก์ชันในตาราง

ฟังก์ชัน (Function) หมายถึง สูตรพิเศษที่โปรแกรมสร้างไว้เพื่อให้คำนวณค่าต่าง ๆ ตามจุดประสงค์การใช้ฟังก์ชัน จะช่วยให้เขียนสูตรในการคำนวณได้สั้นและง่ายขึ้น ตัวอย่าง เช่น หากต้องการรวมค่าจากเซลล์ A1 ถึง A3 แทนที่จะพิมพ์สูตร = A1+A2+A3 ก็ใช้ฟังก์ชัน =SUM(A1:A3) หรือ การจะหาค่าเฉลี่ยสามารถหาได้จากผลรวมของทุกเซลล์หารด้วยจำนวนทั้งหมดใส่สูตร =(A1+A2+A3)/3 หรือจะใช้ =SUM(A1:A3)/3 สามารถใช้ฟังก์ชัน =AVERAGE(A1:A3) แทนได้ ดังภาพ



ฟังก์ชันที่ควรรู้จัก ประกอบด้วย

1 =AVERAGE(D5:D20) หมายถึง ค่าเฉลี่ยของค่าที่อยู่ในช่วงเซลล์ D6 ถึง D20

2 =MAX(D6:D20) หมายถึง ค่าสูงสุดของค่าที่อยู่ในช่วงเซลล์ D6 ถึง D20

3 =MIN(D6:D20) หมายถึง ค่าต่ำสุดของค่าที่อยู่ในช่วงเซลล์ D6 ถึง D20

4 =STDEVP(D6:D20) หมายถึง ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของคาในช่วงเซลล์ D6ถึงD20

5 =COUNTIF (ช่วงเขตข้อมูล,ค่าที่ต้องการนับ) เช่น =COUNTIF($J$6:$J$20,4) หมายถึง ช่วง J6 ถึง J20 มีเลข 4 กี่เซลล์ (ให้ค่าเป็นจำนวนนับ)

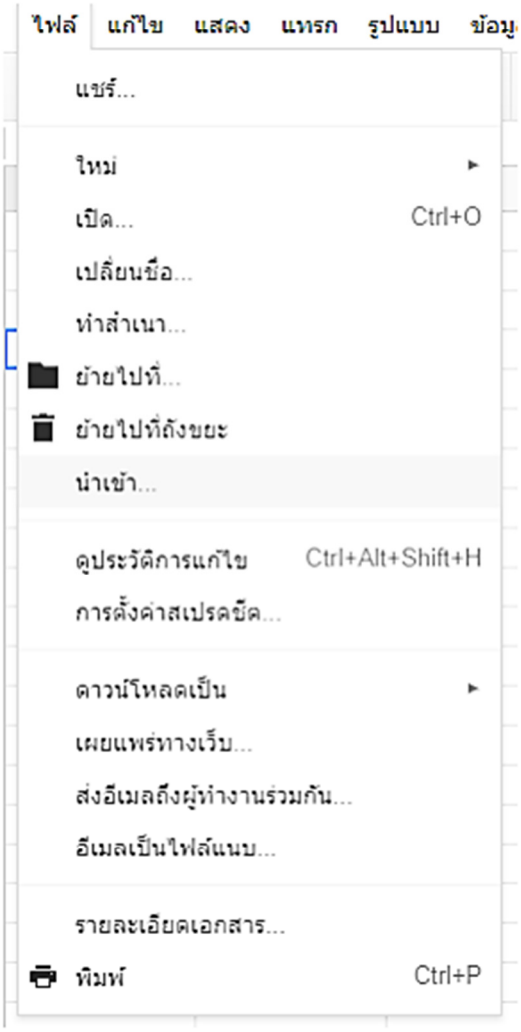
6 =RANK(A6,A$6:A$20,0) หมายถึง ค่าลำดับของตัวเลขในเซลล์ A6 ที่อยู่ในรายการตัวเลขในช่วงเซลล์ A6 ถึง A20 ส่วนตัวเลขศูนย์เป็นการระบุวิธีการจัดเรียงรายการตัวเลขในช่วงที่กำหนดจากมากไปหาน้อย(ถ้าเป็นค่าอื่นที่ไม่ใช่ศูนย์จะเป็นการจัดเรียงรายการ)

7 =IF(เงื่อนไข,ค่าที่แสดงเมื่อเงื่อนไขจริง,ค่าที่แสดงเมื่อเงื่อนไขเท็จ) เช่น ตัวเลขจากน้อยไปมาก =IF(A6>=80,4,IF(A6>=70,3,IF(A6>=60,2,IF(A6>=50,1,0)))) หมายถึง การหาผลการเรียนตามเงื่อนไข โดยให้คะแนนรวมอยู่ในเซลล์ A6

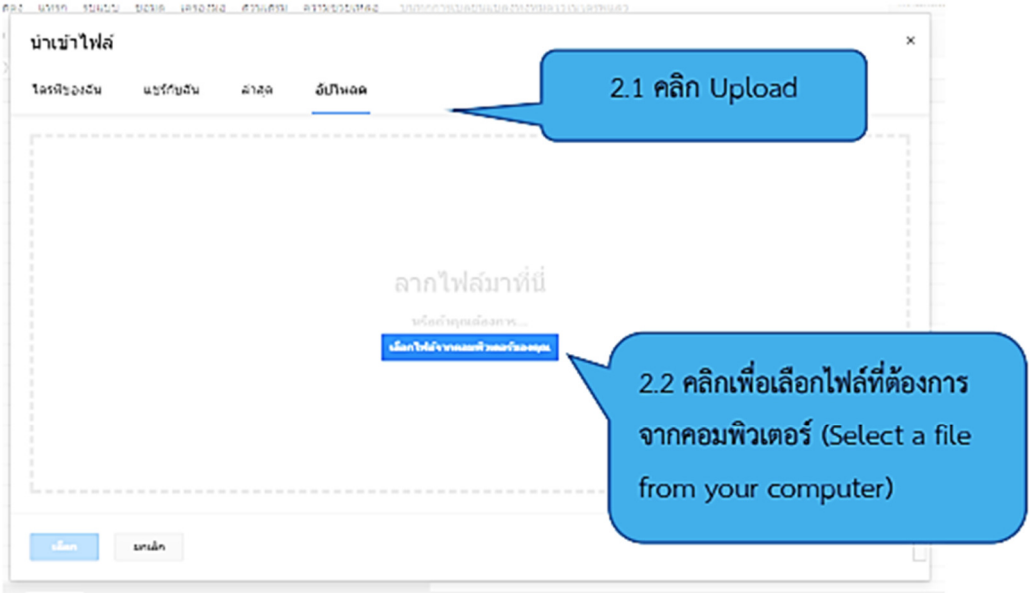
8. การนำเข้าเอกสาร spreadsheet

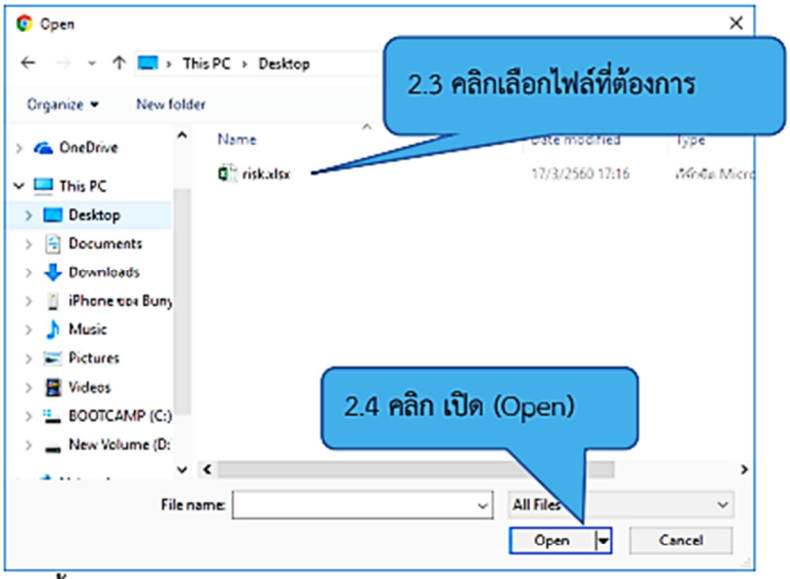
การนำ สเปรดชีต (Spreadsheet) ที่มีอยู่แล้ว เพื่อแก้ไขหรือเผยแพร่ สามารถทำได้ดังนี้

1. เลือก ไฟล์ (File) > นำเข้า (Imports...)

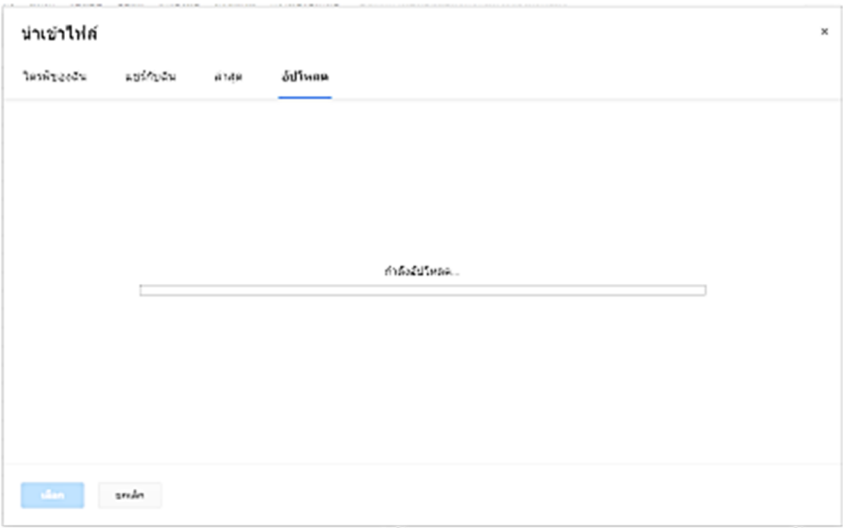


2. เลือกไฟล์ที่ต้องการนำเข้า เลือกลักษณะการนำเข้า และกดปุ่ม Upload ไฟล์ที่เลือกจะปรากฏ เป็นสเปรดชีต (Spreadsheet) สามารถแก้ไขและแบ่งปันได้ต่อไป

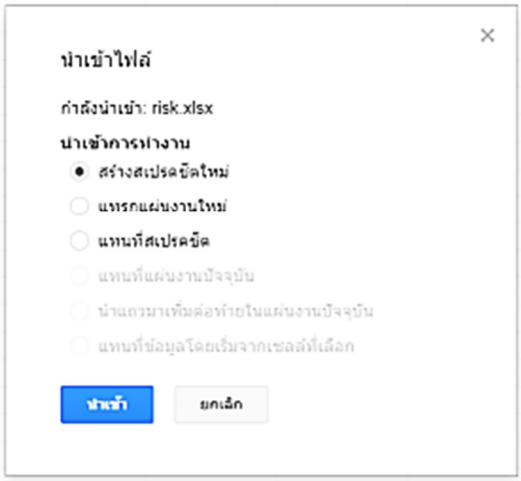


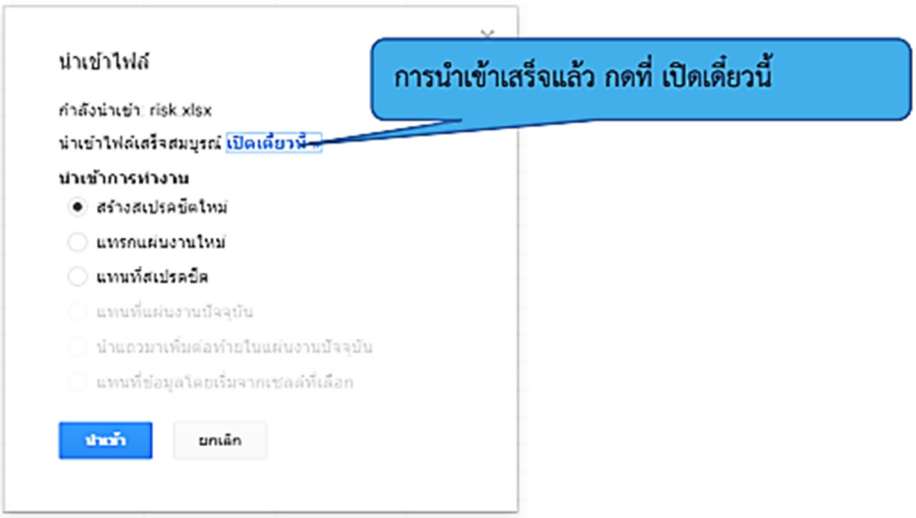


จากนั้น รอสักครู่กำลังทำการอัพโหลด



ให้เลือก เลือกรูปแบบการนำเข้า ในที่นี้ คือให้สร้าง spreadsheet ใหม่ จากนั้นคลิก นำเข้า (Import)





การนำเข้านั้นอาจจะไม่สมบูรณ์ บางครั้งต้องปรับแก้รูปแบบฟอนต์ตามใน Google มีให้

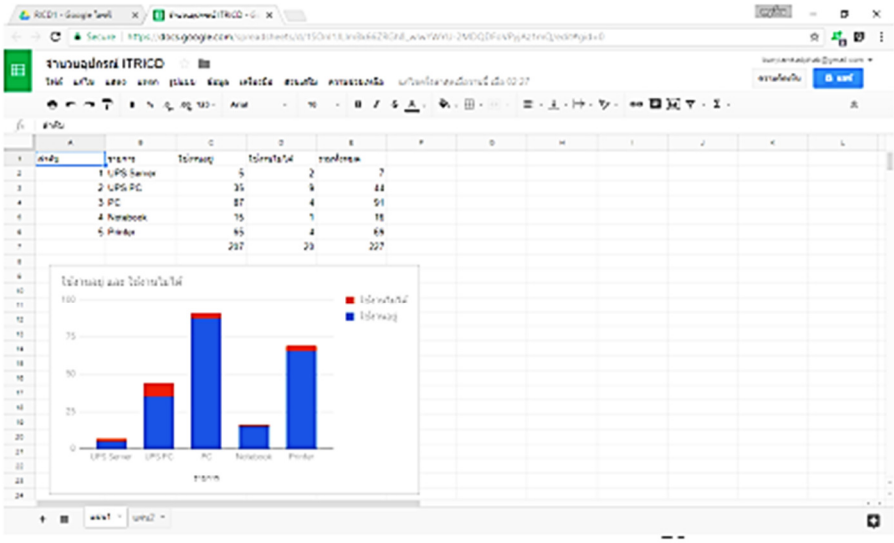
การแชร์(Share) สำหรับสเปรดชีต(Spreadsheet)

สเปรดชีต(Spreadsheet) มีความสามารถอีกอย่างหนึ่งคือ การแชร์(Share) ให้สำหรับทีมงานเพื่อทำการเพิ่มเติมข้อมูลให้ถูกต้องครบถ้วนของข้อมูล หรือการที่แชร์(Share) ไฟล์ของสเปรดชีต (Spreadsheet) ให้กับบุคลากร, บุคคลภายนอก ก็สามารถทำได้เช่นกัน เรามาดูวิธีการทำได้ดังนี้

สำหรับการแชร์จะมี 2 แบบด้วยกัน ดังนี้

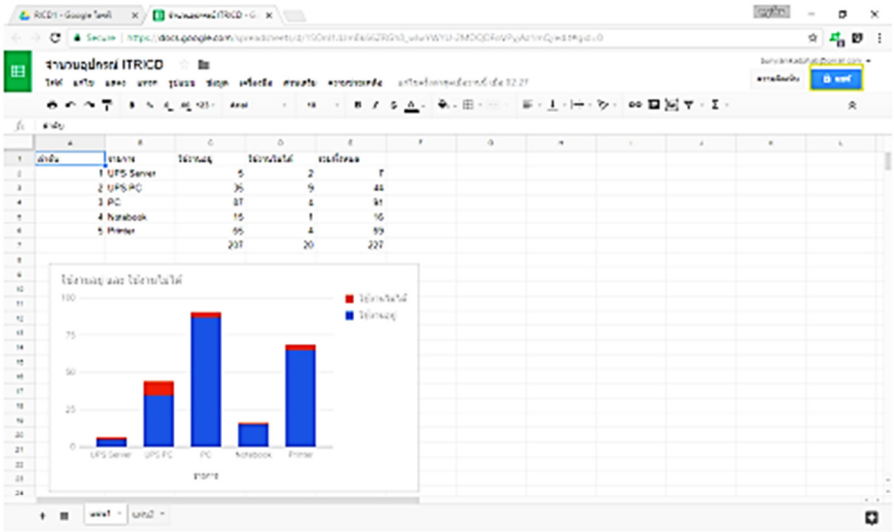
1. แชร์แบบให้ทีมงานดูได้อย่างเดียวไม่สามารถจัดการกับข้อมูลได้
2. แชร์แบบให้ทีมงานสามารถเข้ามาบริหารจัดการข้อมูลได้

เริ่มต้นด้วยการเปิดไฟล์งานของเราขึ้นมาสำหรับต้องการแชร์ให้ทีมงานสามารถเข้าถึงได้



จากนั้น ให้ลองสังเกตดูว่าจะมีปุ่ม แชร์ อยู่ข้างบนมุมขวาบน

ให้คลิกเข้าไปได้เลย



จะขึ้นหน้าต่าง Popup ขึ้นมาอีกที

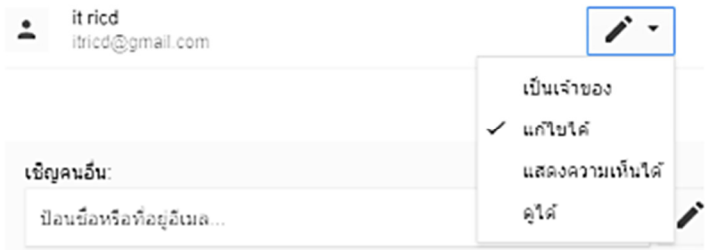
ให้กดปุ่ม ขั้นสูง ก็จะได้หน้าจอแบบนี้ขึ้นมา

หลังจากเราได้แชร์ไฟล์ให้ทีมและตั้งค่าต่างๆ เสร็จแล้วก็ กดปุ่ม ส่ง

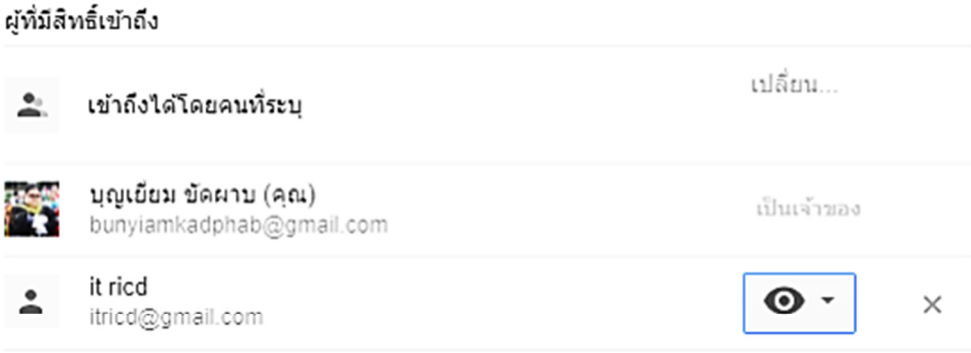
ก็ถือว่าเสร็จเรียบร้อยแล้ว

หลังจากนั้นเราจะมีรายการผู้เข้าถึงไฟล์ ดังภาพด้านล่างนี้

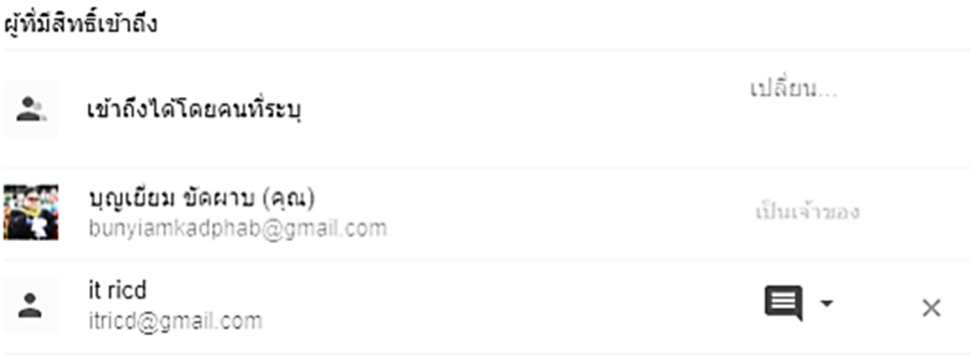
สามารถแก้เหมือนกับทีแรกที่เพิ่มใหม่



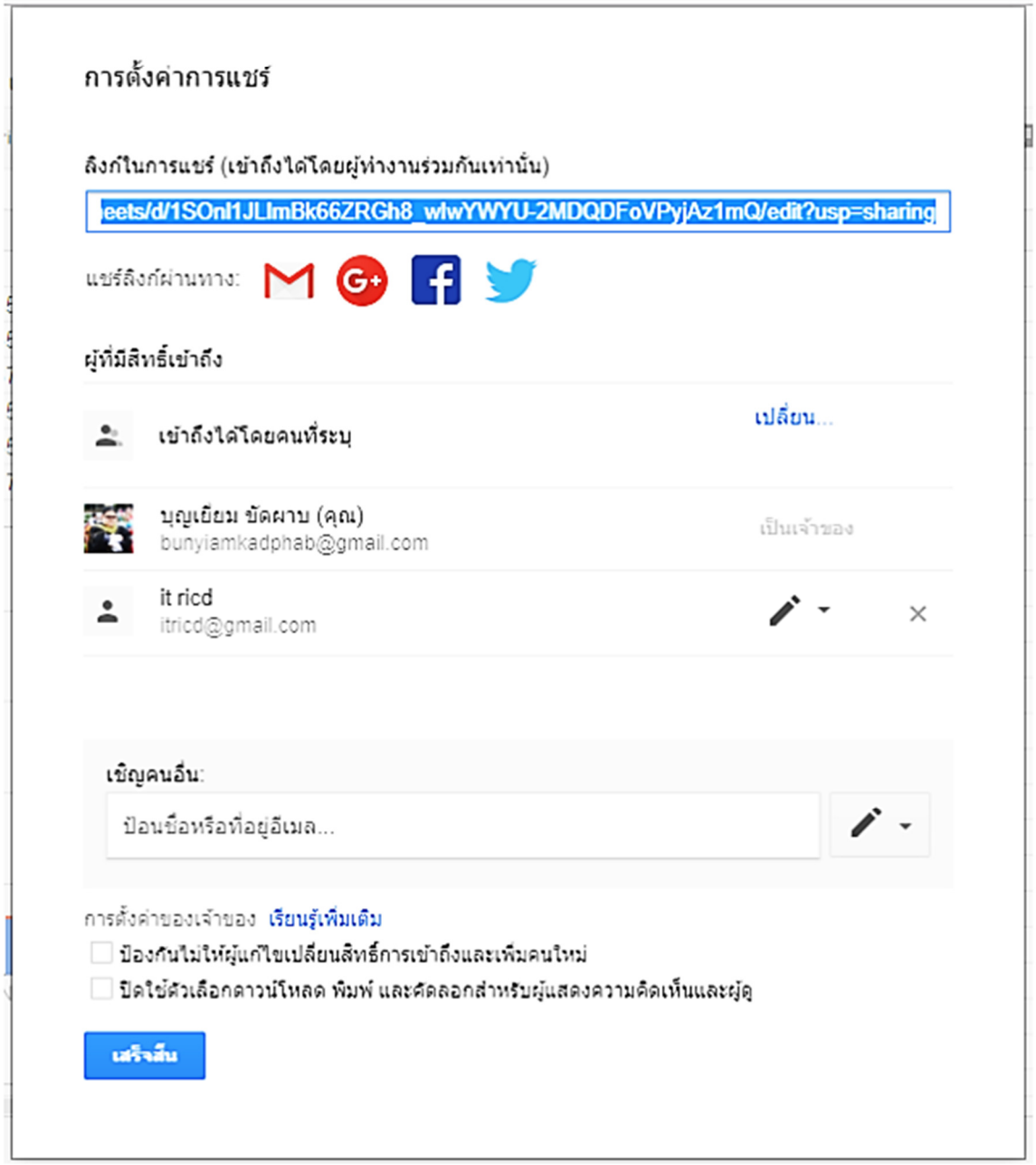
จากรายการ ผู้ที่มีสิทธิ์การเข้าถึง จะเปลี่ยนไปตามที่เราได้ตั้งค่าไว้ ในกรณีนี้ ให้ itricd@gmail.com สามารถดูไฟล์ได้อย่างเดียว



จากรายการ ผู้ที่มีสิทธิ์การเข้าถึง จะเปลี่ยนไปตามที่เราได้ตั้งค่าไว้ ในกรณีนี้ ให้ itricd@gmail.com สามารถแสดงความคิดเห็นได้อย่างเดียว



หลังจากที่เราพอรู้วิธีการตั้งค่าให้กับการแชร์ไฟล์ เรียบร้อยแล้ว กด เสร็จสิ้น ได้เลย



ภาคผนวก ค
บทความวิจัยที่ตีพิมพ์และเผยแพร่

ร่วมกับ สวทช NSTDA

SAUNIC 2022

รายงานสืบเนื่อง การประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9 สหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2565

The 9th SAU National Interdisciplinary Conference 2022

"การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมสู่เศรษฐกิจ BCG เพื่อความยั่งยืน"

(Development of Research and Innovation to BCG Economy for Sustainability)

ในวันศุกร์ที่ 24 - วันเสาร์ที่ 25 มิถุนายน 2565

ณ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

Kansai 1980 Engineering Co.,Ltd.

บริษัท คันไซ 1980 เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด (ผู้สนับสนุน)

Kansai 1980 Engineering Co.,Ltd.

http://saunic2022.sau.ac.th

สารบัญบทความ (ต่อ)

เลขที่บทความ / ชื่อเรื่อง / ผู้แต่ง	หน้าที่
72	
การผลิตถ่านกัมมันต์จากผักตบชวา	208 - 215
สุภิญญา จินตามรกฎ, พลภัทร อรัณยกานนท์, สุรวิทย์ ตุนชัยภูมิ และ ณัฐพล พุฒยางกูร	
76	
การพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูปส่วนต่อประสานกราฟฟิกกับผู้ใช้สำหรับ การคำนวณการไหลของกำลังไฟฟ้า	216 - 223
ประภาพรรณ เคลือบวัณณรัตน์	
79	
การอนุรักษ์พลังงานในอุสาหกรรมพลาสติกด้วยเทคโนโลยีความร้อนอินฟราเรด	224 - 229
วัฒนา กสิกุล	
80	
การพยากรณ์เพื่อหาปริมาณการผลิตที่เหมาะสมในโรงงานผลิตเม็ดพลาสติก	230 - 236
อมรพงศ์ สงวนสินธุ์, สุภิญญา จินตามรกฎ และ ปิยชัย ชัยล้อรัตน์	
83	
การประยุกต์ใช้ QFD เพื่อค้นหาคุณลักษณะผลิตภัณฑ์สำหรับการออกแบบอุปกรณ์ ตรวจจับอุณภูมิ และระบบการเช็คชื่อเข้าห้องเรียนด้วยระบบการตรวจจับใบหน้า	237 - 244
ณัฏฐ์ โอธนาทรัพย์, ปริญญา ไชยธงรัตน์, ภาคภูมิ ศรีเลอจันทร์,ถาวร สมบูรณ์จันทร์, วรลักษณ์ รักเกียรติงาม และ ปิยพงศ์ เผ่าวณิช	
84	
เครื่องบรรจุและปิดฝาขวดน้ำดื่มแบบกึ่งอัตโนมัติ	245 - 249
วีระพงษ์ กาญจนวงศ์กุล	
85	
การลดรอบเวลาในกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งลูกกลิ้งโลหะ กรณีศึกษา:โรงงานผลิตเครื่องจักรสำหรับอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก	250 - 257
สุคนธ์ทิพย์ เพิ่มศิลป์,อุทุมพร คำมะนิต และ ปุณยวีร์ เจริญลาภ	
89	
การนำเสนอภาพข้อมูลโดยใช้โปรแกรมภาษาไพทอน	258 - 265
ศิริภัทร สิตไทย, นิติ ลออธรรม, และ ธนบดี ศรีธนนันท์	
100	
โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย	266 - 273
พีรวัตร คงสาคร, น้ำผึ้ง ปัถวี และ บุญเลิศ สื่อเฉย	
102	
เทคโนโลยีความเป็นจริงเสริมกับการเรียนการสอน	274 - 281
วชิราพร ฤทธิ์ฉ่ำ, สุทธิรักต์ ตาละลักษณ์, อภิรัตน์ สิงห์ตระหง่าน, และ สุธาเมธ ฤทธิ์ฉ่ำ	

โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย

Program of Calculate the Basic Electrical Load Schedule for Housing

พีรวัตร คงสาคร[1]* น้ำผึ้ง ปัถวี[2] และ บุญเลิศ สื่อเฉย[1]

[1]สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า บัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
[2]สาขาวิชาดิจิทัลมีเดีย คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์
19/1 ถนนเพชรเกษม แขวงหนอค้างพลู เขตหนองแขม กรุงเทพ 10160
*ติดต่อ: E-mail : peekong328@gmail.com, โทรศัพท์ 0861677884

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาและออกแบบโปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย ในการคำนวณค่าโหลดไฟฟ้าต่างๆ วงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ และอื่นๆ ในระบบไฟฟ้า 1 เฟส สำหรับที่พักอาศัย โดยใช้ข้อมูลจากตารางเอ็กเซล พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานในการคำนวณหาค่า รูปแบบ Spreadsheet สามารถแสดงค่าต่างๆ ตามตารางโหลดไฟฟ้าอยู่ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อลดเวลาในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น โปรแกรมคำนวณตารางโหลดสามารถนำไปพัฒนาต่อกับลักษณะงานที่มีโหลดไฟฟ้าจำนวนมากต่อไป จากงานวิจัยนี้พบว่าผลการใช้โปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐานมีความถูกต้องตรงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย และสามารถนำไปใช้งานได้เป็นอย่างดี

คำหลัก: ตารางโหลด, มาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย, สเปรดชีต

Abstract

This research presents the study and design of a program for calculating basic electrical load grids for residential homes. To calculate various electrical loads, lighting circuits, receptacle circuits, air conditioner circuits, and others in 1-phase electrical systems for residences. using the data from the table Excel was developed to make it more convenient for users to calculate values. Spreadsheet format can display various values. The electrical load schedule is in the form of a ready-made program. To reduce working time and increase work efficiency even more The load table calculation program can be further developed for the work with large loads. From this research, it was found that the results of using the basic electrical load calculation program were accurate in accordance with the electrical installation standards for Thailand. and can be used as well.

Keywords: Load Schedule , Electrical installation standards for Thailand, Spreadsheet

สมบูรณ์ฉบับ ก่อนตีพิมพ์ในรายงานสืบเนื่องจากการประชุม SAUNIC 2022

1. บทนำ

งานออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบ จะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่างๆ ซึ่งเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ สิ่งที่สำคัญเป็นอย่างยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้าขั้นตอนหนึ่ง คือการคำนวณโหลดไฟฟ้า ปัจจุบันอาคารบ้านพักที่อยู่อาศัย มีอุปกรณ์ไฟฟ้าติดตั้งอยู่ภายในจำนวนมาก ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ความต้องการกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับอุปกรณ์ ไฟฟ้าซึ่งกลายเป็นส่วนหนึ่งในการใช้ชีวิตและดำเนินธุรกิจของผู้คนต่าง ๆ เพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง การคำนวณโหลดไฟฟ้าสำหรับที่พักอาศัย โดยใช้ข้อมูลจากตารางเอ็กเซลพัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เกิดความสะดวกสำหรับผู้ใช้งานในการคำนวณหาค่าต่างๆ ตามตารางโหลดไฟฟ้าอยู่ในรูปแบบโปรแกรมสำเร็จรูป เพื่อลดเวลาในการทำงานและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากยิ่งขึ้น มีความถูกต้องตรงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย[1]

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง [2]

การออกแบบระบบไฟฟ้าสามารถทำได้หลายรูปแบบขึ้นอยู่กับความสามารถ และประสบการณ์ รวมทั้งมาตรฐานต่างๆ ที่ใช้ในการอ้างอิงของผู้ออกแบบ ทั้งในเรื่องของ ค่าใช้จ่ายการออกแบบและติดตั้งที่จะต้องมีผลตามมาหลังจากการออกแบบเสร็จสิ้นลง

2.1 ขั้นตอนวิธีการออกแบบระบบไฟฟ้า

1. ศึกษาแบบทางสถาปัตยกรรมเพื่อให้ทราบข้อมูลต่างๆ ของอาคาร การใช้งานของห้องที่สถาปนิกได้ทำการออกแบบไว้ตามความต้องการของสถาปนิกและเจ้าของอาคาร
2. ประมาณการใช้โหลด โดยใช้ข้อมูลจากสถาปนิกและความต้องการของเจ้าของอาคาร ชนิด และลักษณะการใช้งานของอาคารและพื้นที่ทั้งหมดของอาคาร
3. กำหนดตำแหน่งและแนวทางของสายประธานจากการไฟฟ้า ที่จ่ายให้กับอาคาร, ขนาด แรงดันไฟฟ้าของระบบ ตำแหน่งของมิเตอร์วัดไฟฟ้าซึ่งจะต้องดูสถานที่ที่จะสร้างอาคารพร้อมทั้งขอคำแนะนำจากการไฟฟ้า หน่วยงานที่รับผิดชอบบริเวณที่จะทำการก่อสร้างอาคารนั้นๆ
4. ศึกษาชนิดและการใช้งานของพื้นที่ภายในอาคาร อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการใช้งานและพิกัดกระแสของอุปกรณ์แต่ละชนิด ซึ่งข้อมูลบางส่วนจะต้องสอบถามจากสถาปนิกผู้ออกแบบหรือเจ้าของอาคาร
5. ศึกษาความต้องการของโหลดไฟฟ้าระบบอื่นๆ เช่น เครื่องปรับอากาศ ระบบลิฟต์ และอื่นๆ
6. ศึกษาและกำหนดตำแหน่งติดตั้งและขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ตลอดจนความต้องการเนื้อที่ของอุปกรณ์เหล่านั้น เช่น ตำแหน่งและขนาดของห้องเครื่อง ห้องติดตั้งหม้อแปลงและแผงควบคุมไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board ; MDB) แผงควบคุมไฟฟ้าย่อย (Sub Distribution Board ; SDB) แผงควบคุมไฟฟ้าภายใน (Load Panel) แนวทางและขนาดของท่อเดินสายปล่อง (Feeder Shaft) ซึ่งเป็นประโยชน์ในการออกแบบ
7. คำนวณและออกแบบความต้องการของแสงสว่างของแต่ละห้อง ตามชนิดของการใช้งาน พร้อมทั้งกำหนดชนิดของดวงโคม (ชนิดดวงโคมบางครั้งอาจถูกกำหนดโดยสถาปนิกทั้งนี้เพื่อความสวยงาม) เพื่อหาโหลดของระบบแสงสว่าง
8. กำหนดตำแหน่งของดวงโคมและเต้ารับลงในแบบโดยทั่วไป การแสดงตำแหน่งของดวงโคมและเต้ารับจะแยกเขียนนอกจากกัน และหากมีระบบไฟฟ้าสื่อสารอันได้แก่ระบบโทรศัพท์ระบบ โทรทัศน์ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหม้อัตโนมัติก็มักจะเขียนแบบแยกแผ่นกันทั้งนี้เพื่อความง่าย ในการอ่านแบบ
9. แยกวงจรย่อยโดยโยงสายลงในแบบเพื่อควบคุมดวงโคมหรือ เชื่อมต่อวงจรของเต้ารับไฟฟ้า ซึ่งอยู่ในวงจรเดียวกันเข้าด้วยกัน พร้อมทั้งกำหนด

สมบูรณ์ยังไม่ใช่ตัวจริง ประกาศผลการนำเสนอผลงาน SAUNIC 2022

หมายเลขของวงจรในแผงจรายไฟ การกำหนดวงจรยอยมักจะกำหนดตามความเหมาะสมของอุปกรณ์ตัดตอน (Circuit Breaker ; CB) หรือกำหนดตามพื้นที่การใช้งานควบคู่กัน

10. คำนวณโหลดแตละแผงควบคุมไฟฟ้าย่อย พรอมทั้งชนิด จำนวนและขนาดของสายไฟฟา ทอรอยสายไฟฟ้า และขนาด AT AF และ Pole ของเซอร์กิตเบรคเกอร์ (CB) ลงในตารางโหลด
11. นำโหลดในแตละแผงควบคุมไฟฟารวมกันในแต่ละเฟสของระบบ แลคำนวณหาสายปอน และขนาดอุปกรณ์ปองกันตูควบคุมไฟฟายอย (Main Circuit Breaker) ของตู้ควบคุมไฟฟ้าย่อย
12. รวมโหลดทั้งหมดของแผงควบคุมไฟฟายอยทั้งอาคารเพื่อนำมาคำนวณและออกแบบหาพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันภายในตู้ควบคุมไฟฟาหลัก (MDB) และอุปกรณ์ประกอบภายในตูรวมกับถึง การกำหนดขนาดของหมอแปลงไฟฟาและสายประธานของอาคาร
13. คำนวณและเขียน Riser Diagram ของระบบไฟฟ้า รวมทั้งคำนวณและเขียน Single Line Diagram ของตู้ MDB
14. คำนวณและออกแบบระบบอื่นๆ เชนระบบลอฟ้า ระบบสื่อสารในอาคาร ระบบโทรศัพท์ ระบบสัญญาณแจ้งเหตุเพลิงไหมอัตโนมัติระบบปองกันภัย และอื่นๆ
15. ตรวจสอบและแก้ไขให้ถูกต้องสมบูรณ์
16. เขียนขอกำหนดและรายละเอียดประกอบแบบ (รายการประกอบแบบ) ซึ่งจะแสดง รายละเอียดต่างๆ ในแบบ เชน ขนาดและชนิดรวมถึงเครื่องหมายการคาของอุปกรณ์ที่กำหนดให้ใช้ และขอกำหนดซึ่งผูรับจางจะตองรับผิดชอบและปฏิบัติตาม โดยทั่วไปจะถือเปนสวนหนึ่งของสัญญา ในการรับเหมางานกอสรางงานติดตั้งระหว่าง ผู้รับจ้างกับ ผู้ว่าจ้าง
17. เมื่อวิศวกรผูออกแบบทำการกำหนดชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ใชและ ผูออกแบบจะตองทำการประมาณราคา เพื่อผู้ว่าจ้างจะได้ใชเป็นราคากลางในการคัดเลือกผู้รับเหมาทำการก่อสร้างติดตั้ง
18. ในบางกรณีวิศวกรผูออกแบบอาจตองเปนผูตรวจสอบให้คำแนะนำในการติดตั้งระบบไฟฟ้าด้วย

2.2 หลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้า

2.2.1 ความปลอดภัย (Safety)

ผูออกแบบจะตองให้ความสำคัญเปนอย่างยิ่ง โดยตองอางอิงตามหลักวิศวกรรมไฟฟาและระเบียบของกำหนดของการไฟฟา และมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

2.2.2 ความเชื่อมั่นของระบบ (Reliability)

ระบบจะตองมีความเชื่อมั่นสูงในการตัดตอนและปองกันผลเสียหายอันเกิดมาจากระบบไฟฟ้าขัดข้อง

2.2.3 ความง่ายในการดัดแปลง (Flexibility)

ระบบที่ออกแบบจะต้องสามารถแก้ไขดัดแปลงได้อย่างสะดวก เพื่อที่จะจรายไฟฟ้าไปตามจุดที่ต้องการและต้องออกแบบให้รับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้

2.2.4 ความประหยัด (Economy)

ผู้ออกแบบที่ดีควรคำนึงถึงการออกแบบให้มีความประหยัด ภายใตเงื่อนไขของความปลอดภัย ความเชื่อมั่น

2.2.5 แรงดันตก (Voltage Drop)

ในการออกแบบระบบไฟฟาภายในอาคารจะต้องคำนึงถึงครแรงดันไฟฟ้าตก ซึ่งเกิดเนื่องจากขนาดของโหลดและความยาวของสายปอนและสายวงจรยอยที่เดินไปยังอุปกรณ์ไฟฟารวมทั้งโหลดในอนาคตที่จะเพิ่มขึ้น แรงดันตกสร้างความเสียหายแก่อุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นอย่างมาก ตามมาตรฐานของการไฟฟ้า และ NEC กำหนดแรงดันตกในชวงของสายปอนจะต้องไมเกิน 2% หากในส่วนของวงจรย่อย ไม่เกิน 3%

สมบูรณ์เพื่อใช้คู่กับประกาศนียบัตรนำเสนอผลงาน SAUNIC 2022

2.3 การคำนวณโหลดไฟฟ้า

2.3.1 การคำนวณโหลดวงจรย่อย

- ขนาดพิกัดของวงจรย่อย
- ขนาดสายไฟฟ้าสำหรับวงจรย่อย (ขนาดไม่น้อยกว่า 2.5 sq.mm.)
- ขนาดท่อหรือรางเดินสายไฟฟ้า

2.3.2 ประเภทโหลดวงจรย่อย

1) วงจรย่อยแสงสว่าง
   - ประกอบด้วยวงจรย่อยแสงสว่างเท่านั้น
   - พิกัดวงจรย่อยคือ 5,10,15 และ 20 A
   - กำหนดขนาดพิกัดวงจรย่อยแสงสว่างเป็น 15 หรือ 20 A เพื่อความสะดวกและประหยัด (จำนวนวงจรน้อยลง)
   - โหลดแสงสว่างขนาดใหญ่ ออกแบบจากโหลดติดตั้งจริง ขนาดพิกัดวงจรย่อยต้องไม่เกิน 50 A

ตารางที่ 1 ขนาดโหลดแสงสว่างสูงสุดในแต่ละวงจรย่อย (VA) คำนวณค่า CB ทำงานที่ 80% [1]

ระดับแรงดัน (V)	ขนาดวงจรย่อย			
	5 A	10 A	15 A	20 A
220	880 VA	1760 VA	2640 VA	3520 VA
230	920 VA	1840 VA	2760 VA	3680 VA

จากตารางที่ 1 แสดงค่าขนาดโหลดแสงสว่างสูงสุดในแต่ละวงจรย่อย ซึ่งมีหนวยเปน (VA) โดยคำนวณค่ากระแสเซอร์กิตเบรกเกอร์ของวงจรย่อยทำงานที่ 80%

2) วงจรย่อยเต้ารับ
   - คิดขนาด 180 VA ต่อ 1 เต้ารับ
   - เลือกใช้วงจรย่อยขนาด 5,10,15 และ 20 A
   - กำหนดวงจรย่อยเต้ารับทั่วไป มีจำนวนเต้ารับไมS เกิน 10 ตัว
   - ขนาดพิกัดวงจรย่อยเต้ารับทั่วไปขนาด 15 A สามารถเลือกใชสาย IEC01 ขนาด 2.5 sq.mm. เดินสายในท่อได้ (18 A)

3) วงจรย่อยเฉพาะ
   - วงจรย่อยที่จ่ายใหคับเครื่องใชไฟฟ้าชนิดเดียวเท่านั้น
   - ขนาดพิกัดวงจรย่อยคิดจากขนาดโหลดที่ติดตั้ง

4) วงจรย่อยผสม
   - ประกอบด้วยโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้าตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป
   - ควรหลีกเลี่ยงการออกแบบวงจรย่อยประเภทนี้ เนื่องจากมีความยุ่งยาก

2.3.4 การคำนวณขนาดวงจรประธาน

โหลดทุกแผงจ่ายไฟทั้งหมดในระบบมารวมกันสายประธานจะต้องมีขนาดกระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลด

2.4 การจัดทำรายการโหลดไฟฟ้า

ตารางที่ 2 แสดงการคำนวณคSดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดเตRรับ เพื่อคำนวณหาคSกระแส ไฟฟ1ในวงจรย่อย

ตารางที่ 2 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย [1]

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

ตารางที่ 3 แสดงการคำนวณหาคSโหลดของเครื่องปรับอากาศเทียบจากคS BTU/ชั่วโมง เปนคS VA

ตารางที่ 3 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Spit Type) 1 เฟส 220 V เมื่อทราบค่า kVA [3]

ตันความเย็น	BTU/ชั่วโมง	โหลด (kVA)
1	12,000	1.5
1.5	18,000	1.7
2	24,000	2.6
3	36,000	4.2

ตารางที่ 4 แสดงค่าของขนาดพิกัดกระแสลัดวงจร (Ampere Trip) และขนาดพิกัดกระแสโครง (Ampere Frame) ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ สำหรับวงจรย่อยของคอนซูมอร์ยูนิต และโหลดเซ็นเตอร์ ตามมาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2

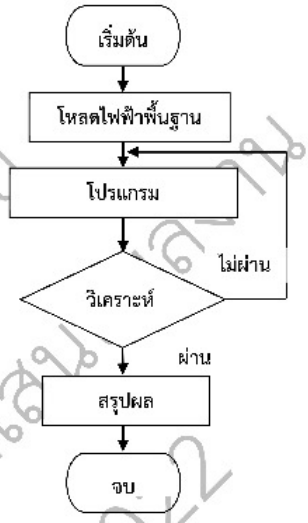
ตารางที่ 4 เซอร์กิตเบรกเกอร์ สำหรับวงจรย่อย ของคอนซูมอร์ยูนิต และโหลดเซ็นเตอร์ Miniature Circuit Breaker 240/415 Volts ชนิด 1 และ 3 Pole พิกัดหนกระแสลัดวงจร (IC) 6 K ตามมาตรฐาน IEC 60898 และ IEC 60947-2

พิกัดกระแสโครง (Ampere Frame) (AF)	พิกัดกระแสลัดวงจร (Ampere Trip) (AT)
63	10
	16
	20
	25
	32
	40
	50
	63
100	70
	80
	100

2.5 สเปรดชีต (spreadsheet) [4]

สเปรดชีต (spreadsheet) ใช้สำหรับการจัดเรียงข้อมูลและคำนวณเป็นหลัก มีโปรแกรมสเปรดชีตที่เป็นที่นิยมอยู่มากมาย แต่สเปรดชีต ของ Google เป็น Application ที่ใช้งานได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย ผู้ใช้สามารถสร้างสเปรดชีต ได้อย่างง่าย สามารถแบ่งปันให้ผู้อื่นได้แก้ไขและทำงานร่วมกันในสเปรดชีตของตนได้ Google Sheets เป็น Application สร้างสเปรดชีต มีคุณสมบัติเอาไว้จัดการสร้างสเปรดชีต เหมือนกับไฟล์บนโปรแกรม Microsoft Excel สามารถเปิดแก้ไขไฟล์สเปรดชีตล่าสุดได้ทันที สามารถแชร์ และทำงานร่วมกันภายในสเปรดชีตเดียวกัน

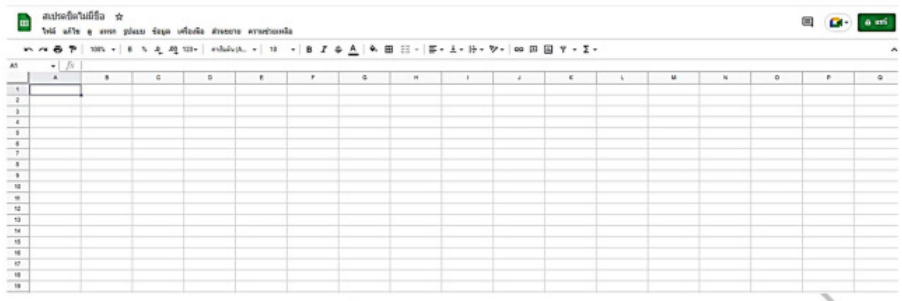
3. ขั้นตอนการทดสอบ



รูปที่ 1 ผังแสดงขั้นตอนการทำงาน

3.1 โปรแกรมพื้นฐานสำหรับการคำนวณโหลด

โปรแกรม Microsoft Excel หรือเรียกว่า Excel เป็นโปรแกรมประเภทสเปรดชีต เหมาะสำหรับการจัดการเกี่ยวกับการคำนวณ ซึ่ง Excel ยังสามารถป้อนข้อความ แทรกรูปภาพ และสัญลักษณ์พิเศษต่างๆ ของตัวเลข และการจัดการเกี่ยวกับตารางข้อมูลได้ Excel มีฟังก์ชันในการคำนวณค่าตัวเลขต่างๆ ได้สะดวก โปรแกรมประยุกต์จะต้องมีการนำ Excel ไปใช้กับงานหลากหลายสาขาอาชีพ เช่น นักบัญชี นักวิทยาศาสตร์ วิศวกร นักสถิติ นักวางแผน และครู อาจารย์ เป็นต้น โดยลักษณะทั่วไปแล้ว Excel เป็นโปรแกรมที่อยู่ในชุดของ Microsoft Office



รูปที่ 2 โปรแกรม Spread Sheet

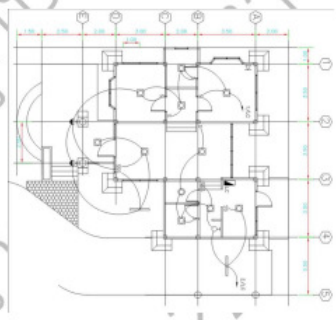
จากรูปที่ 2 แสดงหน้าต่างโปรแกรม Spread Sheet สามารถใช้งานได้ทั้งระบบปฏิบัติการ Windows และ MacOS โดยปกติ Google Sheets จะใช้งาน Online บน Browser ต้องเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ต เพื่อให้สามารถทำงานได้เต็มประสิทธิภาพ แต่สามารถใช้ Google Sheets แบบ Offline ได้

4. ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผล

การออกแบบโปรแกรม จากโปรแกรมตาราง excel การคำนวณหาค่าโหลดวงจรย่อย จากการปรับสูตรคำนวณในโปรแกรม excel พื้นฐาน โหลดไฟฟ้าสำหรับที่พักอาศัย วงจรแสงสว่าง วงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ และโหลดอื่นๆ ทำให้การจัดทำรายการตารางโหลดวงจรย่อย มีประสิทธิภาพและ มีความสะดวกรวดเร็วในการปฏิบัติงาน

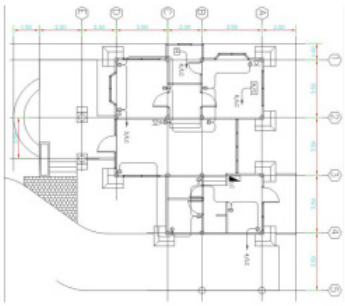
4.1 การคำนวณเพื่อจัดทำรายการโหลด บ้านพักอาศัย

รูปที่ 3 แสดงแบบระบบไฟฟ้าวงจรแสงสว่าง ใช้สำหรับการคำนวณรายการโหลดวงจรย่อย ในรูปแบบโปรแกรม Spread Sheet



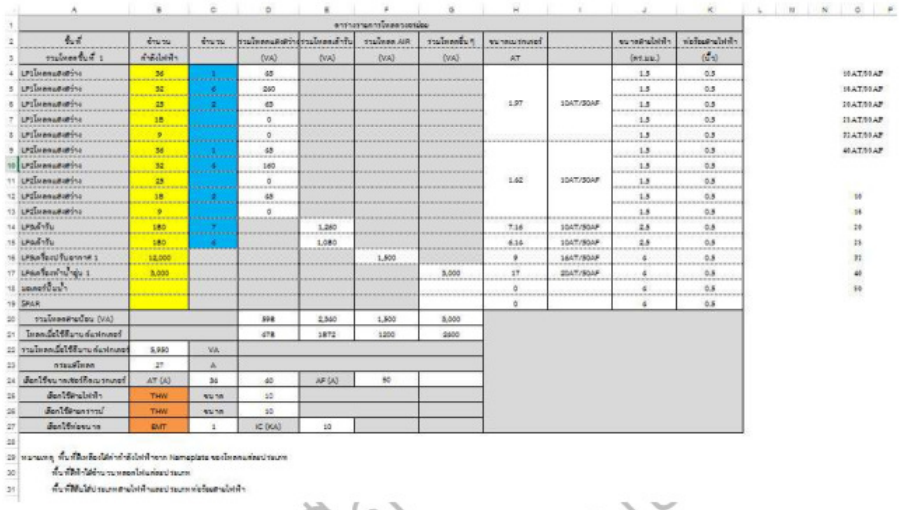
รูปที่ 3 แบบแสดงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง บ้านพักอาศัย

รูปที่ 4 แสดงแบบระบบไฟฟ้า วงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ และวงจรเครื่องทำน้ำอุ่น ใช้สำหรับการคำนวณรายการโหลดวงจรย่อย ในรูปแบบโปรแกรมสเปรดชีต

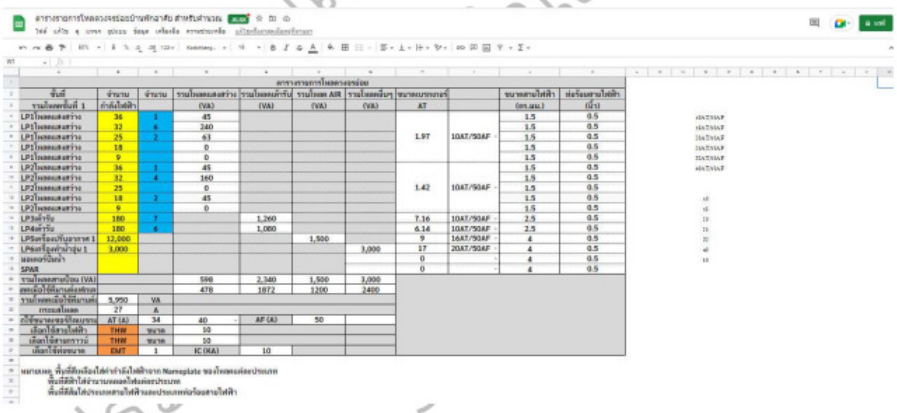


รูปที่ 4 แบบแสดงระบบไฟฟ้า เต้ารับ เครื่องปรับอากาศ เครื่องทำน้ำอุ่น บ้านพักอาศัย

สมบูรณ์แล้ว ผู้ใช้คู่มือ ประกาศเผยแพร่ SAUNIC 2022



รูปที่ 5 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย รูปแบบโปรแกรม Excel บ้านพักอาศัย



รูปที่ 6 ตารางรายการโหลดวงจรย่อย รูปแบบโปรแกรม Spreadsheet บ้านพักอาศัย

รูปที่ 5 แสดงการจัดทำตารางโหลดในรูปแบบโปรแกรม Excle โดยคำนวณจากแบบระบบไฟฟ้าวงจรแสงสว่าง จากรูปที่ 3 และแบบระบบไฟฟ้าวงจรเต้ารับ วงจรเครื่องปรับอากาศ วงจรเครื่องทำน้ำอุ่น จากรูปที่ 4

รูปที่ 6 แสดงตารางโหลดในรูปแบบโปรแกรม สเปรดชีต โดยการนำข้อมูลจากตารางโหลดในรูปแบบโปรแกรม Excel เข้าสู่โปรแกรม สเปรดชีต เพื่อความสะดวกในการใช้งาน สามารถทำงานได้ทั้ง Online และ Offline

ผลการทดสอบโดยใช้โปรแกรมสเปรดชีต คำนวณรายการโหลดไฟฟ้าจากแบบแสดงระบบไฟฟ้าแสงสว่าง เต้ารับ เครื่องปรับอากาศ และเครื่องทำน้ำอุ่น วงจรแสงสว่าง LP1 วงจรแสงสว่าง LP2 วงจรเต้ารับ LP3 วงจรเต้ารับ LP4 วงจรเครื่องปรับอากาศ LP5 วงจรเครื่องทำน้ำอุ่น LP6

ครบที่ได้จากการจัดทำโปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน จากโปรแกรม excel นำข้อมูลการคำนวณ สู่โปรแกรม สเปรดชีต ผลลัพธ์ดังนี้

1. วงจรแสงสว่างLP1 ขนาดกระแสวงจร 1.97A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
2. วงจรแสงสว่างLP2 ขนาดกระแสวงจร 1.42A เลือกใช้เบรกเกอร์ ขนาด 10A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 1.5 sq.mm.
3. วงจรเต้ารับLP3 ขนาดกระแสวงจร 7.16A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 10Aสายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
4. วงจรเต้ารับLP4 ขนาดกระแสวงจร 6.14A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 10A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 2.5 sq.mm.
5. วงจรเครื่องปรับอากาศLP5 ขนาดกระแสวงจร 9A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 16A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.
6. วงจรเครื่องทำน้ำอุ่นLP6 ขนาดกระแสวงจร 17A เลือกใช้เบรกเกอร์ขนาด 20A สายไฟฟ้า IEC 01 ขนาด 4 sq.mm.

รวมโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 5,950 VA กระแสโหลด 27A เลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด AT 36 A AF 50 A ขนาดสายประธาน IEC 01 ขนาด 10 sq.mm

5. สรุปผล

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อการคำนวณหาค่าตารางรายการโหลดวงจรย่อย โดยการป้อนข้อมูลกำลังไฟฟ้าของโหลดภายในวงจรย่อยต่างๆ แสดงผลในรูปแบบตารางรายการโหลดวงจรย่อย ซึ่งโปรแกรมดังกล่าวสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นรูปแบบแอปพลิเคชั่นจัดทำตารางรายการโหลดวงจรย่อย รูปแบบต่างๆ ทั้งระบบไฟฟ้าภายในบ้านพักอาศัย อาคารชุด และโรงงานอุตสาหกรรม

6. เอกสารอ้างอิง

[1] มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย (พ.ศ.2564).

[2] ศุลี บรรจงจิตร, “หลักการและเทคนิคการออกแบบระบบไฟฟ้า” ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[3] มาตรฐานระบบปรับอากาศและระบายอากาศ (พ.ศ.2564).

[4] การสร้างและแก้ไข Google Sheet Spreadsheet แหล่งที่มา https://www.google.com/intl/th_th/sheets/about/, เข้าดูเมื่อวันที่ 12/11/2564.

ประวัติผู้เขียนบทความ

นายพีรวัตร คงสาคร

จบการศึกษาหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลัง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง ครูสาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

นางสาวน้ำผึ้ง ปัถวี

อาจารย์ประจำสาขาดิจิทัลมีเดีย และเลขานุการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

รศ. ดร.บุญเลิศ สื่อเฉย

ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าบัณฑิตศึกษา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

สำเนาเพื่อใช้ภายในเท่านั้น ประชุมวิชาการระดับชาติ SAUNIC2022

SAUNIC 2022

ประกาศนียบัตรฉบับนี้ให้ไว้เพื่อแสดงว่า

พีรวัตร คงสาคร, น้ำผึ้ง ปัถวี และ บุญเลิศ สื่อเฉย

ได้นำเสนอผลงานวิจัยและผลงานวิชาการในหัวข้อ

โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐาน สำหรับบ้านพักอาศัย

ประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 9 สหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2565

"การพัฒนางานวิจัยและนวัตกรรมสู่เศรษฐกิจ BCG เพื่อความยั่งยืน" (Development of Research and Innovation to BCG Economy for Sustainability)

ในวันศุกร์ที่ 24 – วันเสาร์ที่ 25 มิถุนายน 2565 ณ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์

(ดร.ฉัททวุฒิ พีชผล)

อธิการบดีมหาวิทยาลัยเอชียอาคเนย์

PP. No. 100

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ–นามสกุล นายพีรวัตร คงสาคร
วัน เดือน ปีเกิด 03 สิงหาคม 2528
ที่อยู่ปัจจุบัน 60 หมู่ 1 ตำบลหัวโพ อำเภอบางแพ
จังหวัดราชบุรี 70160
โทร. 086-0677884

ประวัติการศึกษา 2551 อุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์กำลัง วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประสบการณ์ทำงาน

พ.ศ. 2551 – 2553	บริษัท แอร์โพรเซส ตำแหน่ง วิศวกร
พ.ศ. 2553 – 2559	วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม ตำแหน่ง ครู สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง
พ.ศ. 2559 – 2560	วิทยาลัยการอาชีพอัมพวา ตำแหน่ง ครู สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง
พ.ศ. 2560 – 2564	วิทยาลัยสารพัดช่างราชบุรี ตำแหน่ง ครู สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง
พ.ศ. 2564 – ปัจจุบัน	วิทยาลัยเทคนิคโพธาราม ตำแหน่ง ครู คศ.1 สาขาช่างไฟฟ้ากำลัง

ความชำนาญเฉพาะด้าน

1. กระบวนการจัดการเรียนการสอนรูปแบบ PjBL โครงงานเป็นฐาน ทักษะวิชาชีพช่างไฟฟ้ากำลัง
2. เขียนแบบไฟฟ้าด้วยคอมพิวเตอร์ Auto Cad

ผลงานทางวิชาการขณะศึกษา

1. พีรวัตร คงสาคร น้ำผึ้ง ปัถวี และ บุญเลิศ สื่อเฉย, “โปรแกรมคำนวณตารางโหลดไฟฟ้าพื้นฐานสำหรับบ้านพักอาศัย “Program of Calculate the Basic Electrical Load Schedule for Housing” การประชุมวิชาการระดับชาติสหวิทยาการเอเชียอาคเนย์ 2565 ครั้งที่ 9 รายงานสืบเนื่องจากการประชุม SAUNIC 2022 หน้าที่ 266-273.