การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

นายภานุพงศ์ สุยะ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

นายภานุพงศ์ สุยะ

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

โดย นายภานุพงศ์ สุยะ

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

..... หัวหน้าภาควิชา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษดา ศรีจันทร์พิยม)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน)

..... กรรมการภายนอก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิรัติ อัศวานุวัตร)

ชื่อ : นายภานุพงศ์ สุยะ
ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
สาขาวิชา : วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน
ปีการศึกษา : 2568

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร 2) หาประสิทธิภาพของสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้น และ 3) ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งาน กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ปีการศึกษา 2568 จำนวน 15 คน ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเฉพาะเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงานโปรแกรม GUI MATLAB แบบประเมินประสิทธิภาพ และแบบสอบถามความพึงพอใจ วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าดัชนีความสอดคล้อง และการทดสอบค่า t-test

ผลการวิจัยพบว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีคุณภาพ โดยมีค่า IOC อยู่ในช่วง 0.80–1.00 และผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมีค่าเฉลี่ยรวม 4.57 อยู่ในระดับมากที่สุด ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยมีค่าเฉลี่ยก่อนเรียนเท่ากับ 13.00 และหลังเรียนเท่ากับ 29.13 และมีค่า t เท่ากับ 8.64 นอกจากนี้ ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวม 3.89 แสดงให้เห็นว่าสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม

(มีจำนวนทั้งสิ้น 136 หน้า)

คำสำคัญ : สื่อการสอน, โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้า

_____ อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Panupong Suya

Independent Study Title : Development of Instructional Media Using a MATLAB GUI Program for Electrical Load Balancing Calculation in Building Power Systems for Higher Vocational Certificate Students in Electrical Power

Major Field : Electrical Engineering
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Independent Study Advisor : Assistant Professor Doctor Pakkawee Hayamin

Academic Year : 2025

ABSTRACT

This research aimed to: (1) develop instructional media using a MATLAB GUI program for electrical load balancing calculation in building power systems, (2) evaluate the efficiency of the developed media, and (3) assess user satisfaction. The sample consisted of 15 first-year Higher Vocational Certificate students in Electrical Power at Sena Industrial and Community Education College, selected by purposive sampling. The research instruments included lesson plans, instructional materials, practice worksheets, a MATLAB GUI program, an efficiency evaluation form, and a satisfaction questionnaire. Data were analyzed using mean, standard deviation, Index of Item-Objective Congruence (IOC), and dependent t-test.

The results revealed that the research instruments were of high quality, with IOC values ranging from 0.80 to 1.00, and the overall expert evaluation mean was 4.57 at the highest level. The post-test scores were significantly higher than the pre-test scores at the .01 level, with mean scores of 13.00 and 29.13, respectively (t = 8.64). In addition, user satisfaction was at a high level, with an overall mean of 3.89. These findings indicate that the developed instructional media is effective and appropriate for enhancing student learning.

(Total 136 Pages)

Keywords: Instructional media, MATLAB GUI program, Electrical load balancing calculation in building electrical systems.

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์เป็นอย่างไรยิ่งจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภัควี หะยะมิน ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำ แนวทางในการดำเนินการวิจัย ตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องของเนื้อหา คอยแนะนำวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย นอกจากนั้นผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่านที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการดำเนินการวิจัย ขอขอบพระคุณอาจารย์จากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า ทุกท่านที่ได้ให้ความรู้และแนวทางในการดำเนินการวิจัย รวมทั้งผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มิได้กล่าวนามที่คอยให้คำแนะนำ ช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ และครอบครัว ที่ได้เลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ตลอดจนคอยให้การสนับสนุนและมอบโอกาสทางการศึกษาแก่ผู้วิจัยมาโดยตลอด รวมทั้งเป็นแรงผลักดันและแรงบันดาลใจสำคัญที่ทำให้ผู้วิจัยสามารถก้าวผ่านอุปสรรคต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการดำเนินการวิจัย อีกทั้งยังคอยให้กำลังใจจนทำให้ผู้วิจัยสามารถดำเนินการวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ที่สนใจ และสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษา ค้นคว้า และพัฒนางานวิจัยให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้นต่อไป

ภานุพงศ์ สุยะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ฌ
สารบัญรูปภาพ ..... ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย 4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ 5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า 6
2.2 MATLAB GUI 23
2.3 สื่อการเรียนการสอน 29
2.4 การวิจัยทางการศึกษาและสถิติ 35
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 38
2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย 39
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 40
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 41
3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย 42
3.3 การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ 46
3.4 การดำเนินการวิจัย 46
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ 47

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลของการวิจัย 50
4.1 ผลการสร้างสื่อการสอน 50
4.2 ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ 57
4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน 61
4.4 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า 63
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 65
5.1 สรุปผลการวิจัย 66
5.2 อภิปรายผลของการวิจัย 66
5.3 ข้อเสนอแนะ 68
บรรณานุกรม 70
ภาคผนวก ก 74
คู่มือการติดตั้งโปรแกรม EDELC (Electrical system design: Electrical load calculation.) 75
คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้า 82
ภาคผนวก ข 88
คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ Yazaki (บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า) 89
ภาคผนวก ค 122
แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) 123
แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า 126
แบบประเมินความพึงพอใจโปรแกรม GUI MATLAB 128
ภาคผนวก ง 130
หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ 131
ประวัติผู้เขียน 136

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2-1 ค่าโหลดของหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี (LED Lamp)....12
ตารางที่ 2-2 ค่าโหลดของหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)....13
ตารางที่ 2-3 ค่าโหลดของหลอดไฟฟ้า HID และ LED แบบปล่อยประจุความเข้มสูง....13
ตารางที่ 2-4 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 1 เฟส 230V....14
ตารางที่ 2-5 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 3 เฟส 400V....14
ตารางที่ 2-6 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package (Air Cooled) 3 เฟส 400V....15
ตารางที่ 2-7 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package (Water Cooled) 3 เฟส 400V....15
ตารางที่ 2-8 พิกัดกระแสมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส และ 3 เฟส....17
ตารางที่ 2-9 พิกัดกระแสมอเตอร์กระแสตรง....18
ตารางที่ 2-10 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง....20
ตารางที่ 2-11 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย....21
ตารางที่ 2-12 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป....21
ตารางที่ 2-13 สูตรการคำนวณโหลดของอาคารชุด....22
ตารางที่ 2-14 สูตรการคำนวณโหลดโดยการรวมแผงจ่ายไฟของวงจรย่อย....22
ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องใบงานที่ 1-3 จากผู้เชี่ยวชาญ (IOC)....57
ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องใบงานที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญ (IOC)....58
ตารางที่ 4-3 ผลประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5)....60
ตารางที่ 4-4 ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB....61
ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (n=15)....62
ตารางที่ 4-6 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (n=19)....63

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2-1 วงจรการจ่ายไฟฟ้าในอาคาร 7
ภาพที่ 2-2 ส่วน User Interface Figure ในโปรแกรม MATLAB GUI 25
ภาพที่ 2-3 ส่วน UI Components ในโปรแกรม MATLAB GUI 26
ภาพที่ 2-4 ส่วน Properties ในโปรแกรม MATLAB GUI 27
ภาพที่ 2-5 ส่วน Callbacks ในโปรแกรม MATLAB GUI 28
ภาพที่ 2-6 ส่วน Processing Logic ในโปรแกรม MATLAB GUI 28
ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 40
ภาพที่ 3-2 ร่างหน้าต่างการใช้งานโปรแกรม 44
ภาพที่ 3-3 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB 45
ภาพที่ 3-4 หน้าต่างของฟังก์ชัน App Designer 45
ภาพที่ 4-1 หน้าต่าง Menu 51
ภาพที่ 4-2 หน้าต่างโจทย์การคำนวณบ้านพักอาศัย 52
ภาพที่ 4-3 พื้นที่แสดงโจทย์การคำนวณ 52
ภาพที่ 4-4 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลดแยกประเภท 53
ภาพที่ 4-5 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลด 53
ภาพที่ 4-6 ปุ่มควบคุมการทำงาน 54
ภาพที่ 4-7 ไฟล์งานหลังการสั่ง Export 54
ภาพที่ 4-8 แจ้งเตือนผลการส่งออก 55
ภาพที่ 4-9 โจทย์การคำนวณอพาร์ทเม้นต์ 56
ภาพที่ 4-10 เอกสารประกอบการสอน 56
ภาพที่ ก-1 วางโฟลเดอร์ EDELC บนหน้า Desktop 75
ภาพที่ ก-2 โฟลเดอร์ Package 76
ภาพที่ ก-3 ไฟล์ติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller 76
ภาพที่ ก-4 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller 77
ภาพที่ ก-5 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ) 78
ภาพที่ ก-6 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ) 78
ภาพที่ ก-7 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ) 79
ภาพที่ ก-8 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ) 79

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ ก-9 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ) 80
ภาพที่ ก-10 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ) 80
ภาพที่ ก-11 การเข้าใช้งานโปรแกรม EDELC 81
ภาพที่ ก-12 การเข้าใช้งานโปรแกรม EDELC (ต่อ) 81
ภาพที่ ก-13 หน้าต่าง Menu 82
ภาพที่ ก-14 หน้าต่างโจทย์การคำนวณบ้านพักอาศัย 83
ภาพที่ ก-15 พื้นที่แสดงโจทย์การคำนวณ 84
ภาพที่ ก-16 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลดแยกประเภท 84
ภาพที่ ก-17 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลด 85
ภาพที่ ก-18 ปุ่มควบคุมการทำงาน 85
ภาพที่ ก-19 ไฟล์งานหลังการสั่ง Export 86
ภาพที่ ก-20 แจ้งเตือนผลการส่งออก 86
ภาพที่ ก-21 โจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์ 87

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโปรแกรมสำเร็จรูปต่าง ๆ ที่ใช้ในการเขียนแบบและออกแบบระบบไฟฟ้าได้เข้ามามีบทบาทในงานทางด้านวิศวกรรมอย่างมาก เนื่องจากการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์นั้นสามารถสร้างความสะดวก ความคล่องตัว รวดเร็ว รวมทั้งมีความแม่นยำค่อนข้างสูง ซึ่งในปัจจุบันยังคงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีความทันสมัยและใช้งานได้ง่ายมากยิ่งขึ้น จึงทำให้สถานศึกษาหลายแห่งทั่วโลกได้บรรจุวิชาที่มีความเกี่ยวข้องกับการเขียนแบบและออกแบบด้วยระบบคอมพิวเตอร์ เพื่อถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีเหล่านั้นให้กับนักศึกษา เพื่อนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อตนเองและสังคมต่อไป (สุจิน, 2546) การออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานประกอบการต่าง ๆ นั้น วิศวกรไฟฟ้าจะต้องออกแบบระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้า (Electrical Distribution System) เพื่อให้สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่บริภัณฑ์ต่าง ๆ อย่างเพียงพอและเชื่อถือได้ ขนาดของระบบการจ่ายกำลังไฟฟ้านั้นหาได้จากรายการโหลด (Load Schedule) รายการสายป้อน (Feeder Schedule) และรายการวัสดุอุปกรณ์ในการติดตั้ง สำหรับงานออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่วิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบจะต้องศึกษาและร่วมกันกับบุคคลหลายกลุ่ม เช่น สถาปนิก วิศวกรโครงสร้าง วิศวกรระบบเครื่องกล วิศวกรระบบสุขาภิบาล และเจ้าของอาคาร นอกจากนี้ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าจะต้องศึกษาและทำความเข้าใจถึงรายละเอียดของมาตรฐานต่าง ๆ ซึ่งเป็นข้อกำหนดในการออกแบบ อันเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าประกอบด้วยวงจรย่อย สายป้อน เมนสวิตช์ และสายเมน การออกแบบระบบไฟฟ้าคือการคำนวณโหลดเพื่อกำหนดขนาดของวงจรไฟฟ้า เครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า รวมทั้งข้อกำหนดการติดตั้งที่เกี่ยวข้อง (สมมารถ, 2556)

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา ได้เปิดหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567 สาขางานไฟฟ้ากำลัง ซึ่งทางแผนกวิชาได้ดำเนินการจัดแผนการเรียนตลอดหลักสูตรให้นักศึกษาได้ศึกษาในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 ซึ่งเป็นวิชาที่มุ่งหวังให้นักศึกษามีความรู้และทักษะในการปฏิบัติงานเป็นสำคัญ แต่การออกแบบระบบไฟฟ้าไม่ใช่เรื่องง่าย เนื่องจากผู้ออกแบบจำเป็นจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ เช่น ชนิดของสายไฟฟ้าและวิธีการเดินสาย การคำนวณหาขนาดของสายไฟฟ้าเพื่อใช้งานกับโหลดประเภทต่าง ๆ การจัดทำเฟสสมดุลในกรณีที่เป็นระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส เป็นต้น จากปัญหาที่กล่าวมาทำให้ผู้ออกแบบต้องใช้ระยะเวลาในการศึกษาและออกแบบเป็นอย่างมาก ส่งผลให้มีความผิดพลาดเกิดขึ้น การแก้ปัญหาวิธีการหนึ่งในปัจจุบันคือการใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาคำนวณ

โดยใช้โปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ เช่น ไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel), แมทแล็บ (MATLAB), Microsoft Visual C# หรือโปรแกรมที่ออกแบบมาเฉพาะทาง โดยที่โปรแกรมเหล่านี้ผู้ใช้งานจะต้องเสียค่าใช้จ่ายสำหรับซื้อลิขสิทธิ์ (สมมารถ, 2556)

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยเริ่มศึกษาจากโปรแกรมที่สามารถนำมาใช้งานในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งในงานวิจัยที่ได้ศึกษามีประเด็นที่น่าสนใจคือการใช้โปรแกรมแมทแล็บในฟังก์ชันของ GUI ในการพัฒนา จากการศึกษาพบว่าเป็นโปรแกรมที่สามารถนำไปพัฒนาได้ง่ายและสามารถออกแบบตัวของโปรแกรมให้ตรงตามความต้องการในการใช้งานของผู้ใช้อีกด้วย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการพัฒนาเพื่อนำไปเป็นโปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 พบว่า ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ให้ข้อสรุปว่าตัวโปรแกรมที่ออกแบบมีความถูกต้องตรงตามผลการคำนวณทางทฤษฎี และมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 0.01 และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานอยู่ในระดับดีมาก (สมมารถ , 2556) และเมื่อนำไปพัฒนาในการวินิจฉัยฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำ พบว่าตัวของโปรแกรมแมทแล็บในฟังก์ชันของจียูไอ (GUI) สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ที่ง่ายต่อการอ่านข้อมูล และสามารถวางแผนในการบำรุงรักษามอเตอร์ได้ ซึ่งข้อมูลที่แสดงมีความถูกต้องมากกว่า 85% (ชาญชัย, 2560) อีกทั้งยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการจัดการเรียนการสอนได้ โดยจัดทำเป็นชุดการสอนกำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงเพาเวอร์แฟกเตอร์ ซึ่งจากการศึกษาพบว่าชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.00/77.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 75/75 และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 (รัตติกาล, 2568) นอกเหนือจากโปรแกรมแมทแล็บในฟังก์ชันของจียูไอ (GUI) ผู้วิจัยได้ศึกษาการประยุกต์ใช้โปรแกรมแลบวิวสำหรับทดสอบหม้อแปลงระบบจำหน่าย ซึ่งผลลัพธ์ของงานวิจัยพบว่าซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ง่าย มีความแม่นยำ ผลที่ได้เป็นที่น่าเชื่อถือเมื่อเทียบกับมาตรฐาน (อาทิตย์, 2560) อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างหรือพัฒนาสื่อการสอนซึ่งแบ่งออกเป็นสองแบบคือ แบบออนไลน์ และแบบสาธิต ซึ่งจากการศึกษาพบว่าการใช้สื่อการสอนแบบออนไลน์นั้นมีประสิทธิภาพ 80.11/89.78 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และผู้เรียนมีความพึงพอใจในการใช้สื่อการสอนออนไลน์อยู่ในระดับมาก (ชญาภัทร์, 2568) ในทำนองเดียวกัน การใช้สื่อการสอนแบบสาธิตสามารถให้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพ 81.43/81.62 (คำสิงห์, 2562) จะสังเกตได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นค่อนข้างใกล้เคียงกัน และเมื่อนำทั้งสองรูปแบบมารวมกันและดำเนินการจัดการเรียนการสอน ผลลัพธ์ที่ได้คือผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น โดยเก็บผลจากกลุ่มตัวอย่างผู้เรียนทั้งหมดจำนวน 15 คน ซึ่งได้มาโดยใช้วิธีการแบบเจาะจง มี

ผู้เรียนที่ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 จำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 80 ของจำนวนผู้เรียนทั้งหมดในกลุ่มตัวอย่าง (สมทรง, 2565)

จากแนวทางการแก้ไขปัญหาในข้างต้นที่กล่าวมา ผู้วิจัยจึงได้ศึกษางานวิจัยเพิ่มเติมที่มีความเกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบไฟฟ้า พบว่าการสร้างโปรแกรมการคำนวณทางวิศวกรรมจากโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซลนั้นมีค่าความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการคำนวณ แต่ยังคงมีความยุ่งยากในเรื่องของการออกแบบโปรแกรมและโปรแกรมที่นำมาใช้ร่วม (ชัยณรงค์, 2561) และการออกแบบเนื้อหาเพื่อที่จะจัดทำเป็นชุดการฝึกอบรมนั้นจำเป็นต้องมีเอกสารจำนวนมากและมีความยุ่งยากในการหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ เนื่องจากต้องใช้กลุ่มตัวอย่างหลายกลุ่ม หรือมีกลุ่มตัวอย่างที่ประกอบด้วยสมาชิกจำนวนมาก ค่าที่ได้จึงจะมีความน่าเชื่อถือ (สมศักดิ์, 2550)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีแนวทางในการแก้ไขปัญหาโดยใช้วิธีการพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง เพื่อแก้ไขปัญหาเฉพาะจุด และเป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย ใช้งบประมาณในการดำเนินงานน้อย สามารถจัดทำในพื้นที่ของสถานศึกษาได้

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

1.2.2 เพื่อหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้น

1.2.3 เพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของนักศึกษาและผู้ใช้งานสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ที่พัฒนาขึ้น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

1.3.1 สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI ของ MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา มีประสิทธิภาพ โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมากถึงมากที่สุด

1.3.2 นักศึกษาและผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า อยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 การค้นคว้าอิสระครั้งนี้จะมุ่งเน้นศึกษาเฉพาะการออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.4.1.1 พัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

1.4.1.2 ทดสอบประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ที่พัฒนาขึ้น

1.4.1.3 ประเมินระดับความพึงพอใจของนักศึกษาและผู้ใช้งานสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ที่พัฒนาขึ้น

1.4.2 ตัวแปรที่ศึกษาในครั้งนี้ คือ

1.4.2.1 ตัวแปรต้น คือ สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.4.2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1.4.2.2.1 ประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.4.2.2.2 ความพึงพอใจของนักศึกษาและผู้ใช้งานสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.4.2.3 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.4.2.3.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004

1.4.2.3.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 15 คน โดยเลือกเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 โปรแกรมคำนวณ GUI MATLAB หมายถึง โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ MATLAB ในส่วนติดต่อกับผู้ใช้แบบกราฟิกหรือเรียกว่าฟังก์ชัน GUI เพื่อใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือการออกแบบและคำนวณระบบไฟฟ้าซึ่งช่วยลดความซับซ้อน เพิ่มความถูกต้องแม่นยำ และประหยัดเวลาในการทำงาน

1.5.2 ประสิทธิภาพของสื่อการสอน หมายถึง ความสามารถของสื่อการสอนที่ทำให้ผู้เรียนได้เรียนรู้การคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ผ่านโปรแกรม GUI MATLAB ในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า

1.5.3 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ ความชำนาญ มีประสบการณ์ในการเรียนการสอนหรือการสอนทางด้านการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ไม่ต่ำกว่า 5 ปี

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ได้สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า ที่มีประสิทธิภาพ ตลอดช่วยสนับสนุนให้ผู้เรียนมีเข้าใจที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ในเนื้อหาใหม่ ๆ ได้มากยิ่งขึ้น

1.6.2 ผลงานที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า ที่มีเนื้อหาสัมพันธ์ หรือรายวิชาอื่น ๆ หรือที่เกี่ยวข้องในลำดับต่อไป

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การสร้างและหากประสิทธิภาพ การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

2.1 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

2.2 MATLAB GUI

2.3 สื่อการเรียนการสอน

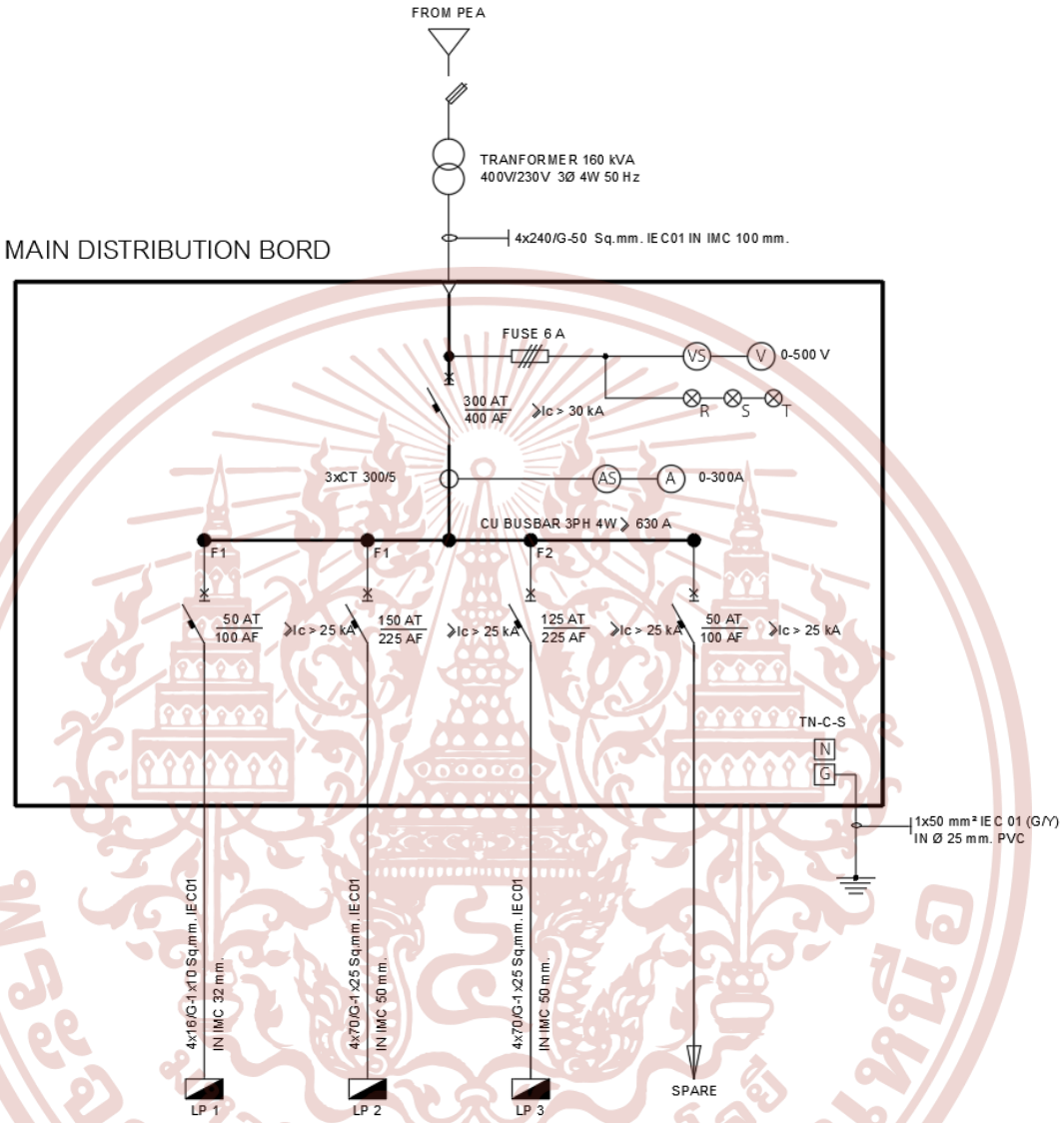
2.4 การวิจัยทางการศึกษาและสถิติ

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6 กรอบแนวคิดงานวิจัย

2.1 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

การคำนวณโหลดทางไฟฟ้าเป็นขั้นตอนพื้นฐานที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ทั้งในด้านความปลอดภัย ความประหยัด และความสอดคล้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า การคำนวณดังกล่าวเริ่มตั้งแต่การพิจารณาโหลดในระดับวงจรย่อย ไปจนถึงการรวมโหลดในระดับสายป้อนและวงจรประธาน เพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดขนาดของสายไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน หม้อแปลงไฟฟ้า และบริภัณฑ์ประธานอื่นๆ โดยทั่วไป ระบบจำหน่ายไฟฟ้าภายในอาคารสามารถแบ่งโครงสร้างออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ วงจรย่อย สายป้อน และวงจรประธาน ดังแสดงในภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 วงจรการจ่ายไฟฟ้าในอาคาร

2.1.1 วงจรย่อย

วงจรย่อย (Branch Circuit) หมายถึง ส่วนของวงจรไฟฟ้าที่ต่อออกจากอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินตัวสุดท้าย ไปยังจุดใช้งานของโหลดไฟฟ้า โดยอุปกรณ์ป้องกันดังกล่าวมีหน้าที่ป้องกันเฉพาะสายของวงจรย่อยนั้นๆ โดยทั่วไปสามารถจำแนกวงจรย่อยตามลักษณะการใช้งานได้ดังนี้

2.1.1.1 วงจรย่อยแสงสว่าง

2.1.1.2 วงจรย่อยเต้ารับ

2.1.1.3 วงจรย่อยเฉพาะ (โหลดเฉพาะตัว)

2.1.1.4 วงจรย่อยมอเตอร์

2.1.2 สายป้อน

สายป้อน (Feeder) คือ วงจรไฟฟ้าที่รับพลังงานไฟฟ้าจากวงจรประธาน และจ่ายต่อไปยังอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย สายป้อนมีบทบาทสำคัญในการรวมโหลดจากหลายวงจรย่อยเข้าด้วยกัน สามารถแบ่งประเภทของสายป้อนได้เป็น

2.1.2.1 สายป้อนแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.1.2.2 สายป้อนมอเตอร์

2.1.2.3 สายป้อนผสม

2.1.3 วงจรประธาน

วงจรประธาน (Service/Main Circuit) หมายถึง ตัวนำหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่รับพลังงานไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายของการไฟฟ้า ไปยังจุดจ่ายเข้าสู่ระบบภายในอาคาร ก่อนกระจายไปยังสายป้อน โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

2.1.3.1 วงจรประธานแรงต่ำ

2.1.3.2 วงจรประธานแรงสูง

2.1.4 หลักการคำนวณโหลด

การคำนวณโหลดเป็นขั้นตอนสำคัญในการกำหนดขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น มิเตอร์ไฟฟ้า เมนสวิตช์ สายไฟฟ้า และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน โดยค่าที่ใช้ในการออกแบบต้องอ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าที่กำหนดในแต่ละประเทศ

สำหรับประเทศไทย การออกแบบและคำนวณโหลดอ้างอิงตามมาตรฐานของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ซึ่งกำหนดหลักเกณฑ์การคำนวณโหลดขั้นต่ำสำหรับการติดตั้งทางไฟฟ้าไว้ในเรื่องต่างๆ เช่น

2.1.4.1 การคำนวณโหลดวงจรย่อย

2.1.4.2 การคำนวณสายป้อน

2.1.4.3 การคำนวณตัวนำประธาน

2.1.4.4 การคำนวณโหลดของอาคารชุด

อย่างไรก็ตาม ค่าที่ได้จากการคำนวณตามมาตรฐานถือเป็นค่าการใช้งาน “ขั้นต่ำ” ผู้ออกแบบควรพิจารณาเผื่อการขยายโหลดในอนาคต เพื่อให้ระบบมีความยืดหยุ่นและรองรับการเพิ่มภาระไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสม

ในการคำนวณโหลดขนาดของโหลดและบริภัณฑ์ไฟฟ้ากระแสสลับอาจจะคิดเป็นกระแส (A) หรือ โวลต์แอมแปร์ (VA) หรือ กิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA) ก็ได้ แต่เนื่องจากการจัดทำรายการโหลดและรายการสายป้อนนั้นส่วนมากนิยมคิดเป็นโวลต์แอมแปร์ (VA) หรือ กิโลโวลต์แอมแปร์ (kVA) โดยใช้คำเรียกแทน คือ VA และ kVA โดยโหลดของบริภัณฑ์ไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ดังสูตร ต่อไปนี้

2.1.4.5 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย

โหลด (VA) = $V \times I$

2.1.4.6 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย

โหลด (VA) = $\sqrt{3} \times V_L \times I$

โดยที่

V = แรงดันระหว่างสายเฟสกับสายนิวทรัล (V)

V_L = แรงดันระหว่างสายเฟสกับสายเฟส (V)

I = กระแส (A)

2.1.5 การคำนวณโหลดวงจรย่อย

วงจรย่อยโดยทั่วไปจัดเป็นโหลดแบบต่อเนื่อง (Continuous Load) ดังนั้นในการเลือกขนาดสายไฟฟ้าและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน จำเป็นต้องเผื่อค่ากระแสเพิ่มจากค่าที่คำนวณได้ไม่น้อยกว่า 25% โดยทั่วไปในการคำนวณโหลดวงจรย่อยสามารถแบ่งการพิจารณาโหลดออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.5.1 วงจรย่อยแสงสว่างหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.1.5.2 วงจรย่อยมอเตอร์

$$L_{BC} = \sum L$$

โดยที่ L_{BC} = โหลดวงจรย่อย (A,VA)

$\sum L$ = ผลรวมของโหลด (A,VA)

การหาขนาดของตัวนำและเครื่องป้องกันกระแสเกิน

$$I_{BC} \geq L_{max} \geq I_{CB}$$

โดยที่ I_{BC} = พิกัดกระแสตัวนำวงจรย่อย (A)

L_{max} = โหลดสูงสุดของวงจรย่อย (A, VA)

I_{CB} = พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)

เนื่องจากผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าไม่สามารถคาดการณ์พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของผู้ใช้อาคารในอนาคตได้อย่างแม่นยำ การกำหนดขนาดโหลดจึงมักพิจารณาในลักษณะของโหลดต่อเนื่อง (Continuous Load) เพื่อให้ระบบมีความมั่นคงและรองรับการใช้งานระยะยาวได้อย่างเหมาะสม ตามหลักการออกแบบ วงจรย่อย (Branch Circuit: BC) ไม่ควรถูกใช้งานเกินร้อยละ 80 ของค่าพิกัดกระแสของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ทั้งนี้เพื่อป้องกันการเกิดความร้อนสะสมในตัวนำและอุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งอาจส่งผลต่ออายุการใช้งานและความปลอดภัยของระบบ

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติด้านการออกแบบที่ดี (Good Engineering Practice) ผู้ออกแบบมักกำหนดระดับการใช้งานจริงให้อยู่ในช่วงประมาณร้อยละ 50–70 ของความสามารถรองรับของวงจรย่อย เพื่อเผื่อกำลังไฟฟ้าสำหรับการขยายโหลดในอนาคต โดยคิดเป็นค่าการเผื่อสำรองประมาณร้อยละ 10–30 ของโหลดที่คำนวณได้ ทั้งนี้เพื่อเพิ่มความยืดหยุ่นของระบบ ลดโอกาสการโอเวอร์โหลด และเพิ่มความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าในระยะยาว

แนวทางดังกล่าวสอดคล้องกับหลักเกณฑ์การออกแบบที่อ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งกำหนดให้การเลือกขนาดตัวนำและอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินต้องพิจารณาความต่อเนื่องของโหลดและปัจจัยความปลอดภัยร่วมด้วย

2.1.6 การคำนวณโหลดสายป้อน

สายป้อนต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับจ่ายโหลด และต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

2.1.6.1 Demand Factor (D.F.)

Demand Factor (D.F.) หรือ อัตราส่วนความต้องการไฟฟ้า หมายถึง อัตราส่วนระหว่างความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) กับผลรวมของโหลดติดตั้งทั้งหมด (Total Connected Load) ภายในระบบไฟฟ้าเดียวกัน โดยทั่วไปค่า Demand Factor มักมีค่าไม่เกิน 1 เสมอ เนื่องจากในทางปฏิบัติ โหลดไฟฟ้าทั้งหมดมักไม่ถูกใช้งานพร้อมกันตลอดเวลา ดังนั้นค่า Maximum Demand จึงมักมีค่าน้อยกว่าผลรวมโหลดติดตั้ง ซึ่งการนำค่า Demand Factor มาใช้ในการออกแบบระบบไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อ

2.1.6.1.1 ลดขนาดอุปกรณ์ที่เกินความจำเป็น

2.1.6.1.2 ลดต้นทุนการติดตั้ง

2.1.6.1.3 ทำให้การออกแบบสะท้อนพฤติกรรมการใช้งานจ

ในการออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ผู้ออกแบบมักอ้างอิงค่าตัวประกอบความต้องการตามประเภทอาคารและลักษณะการใช้งาน ซึ่งเป็นไปตามหลักเกณฑ์ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

2.1.6.2 การป้องกันกระแสเกินของสายป้อน

สายป้อน (Feeder) ต้องได้รับการป้องกันกระแสเกิน (Overcurrent Protection) อย่างเหมาะสม เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากกระแสเกินหรือกระแสลัดวงจร ขนาดพิกัดของอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินต้องไม่น้อยกว่าค่ากระแสโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ และต้องสอดคล้องกับพิกัดกระแสของสายป้อนตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า

2.1.6.3 การกำหนดขนาดสายนิวทรัล

สายนิวทรัล (Neutral Conductor) ต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรองรับกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดที่อาจเกิดขึ้นในระบบ โดยขนาดของสายนิวทรัลต้องไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า กรณีโหลดชนิด 1 เฟส ในระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย การคำนวณขนาดสายนิวทรัลสามารถพิจารณาได้ดังนี้

2.1.6.3.1 กรณีโหลดมีกระแสไม่เกิน 200 A

$I_N = I_P$ คือ ใช้ขนาดสายนิวทรัลเท่ากับขนาดสายเฟส

2.1.6.3.2 กรณีโหลดมีกระแสมากกว่า 200 A

ก) โหลดชนิดไม่มีกระแส Harmonic

$I_N = 200 + 0.7\ (I_P - 200)$

ข) กรณีโหลดชนิด Electric Discharge, Data Processing หรือ โหลดอื่นที่มีกระแส Harmonic ในสายนิวทรัล

$I_N = I_P$ คือ ใช้ขนาดสายนิวทรัลเท่ากับขนาดสายเฟส

2.1.7 การคำนวณแรงดันตก

เพื่อให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยทั่วไปจะต้องออกแบบให้แรงดันตกในวงจรย่อยหรือในสายป้อนไม่เกิน 1 - 2% ของพิกัดแรงดัน โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

VD = VD (T) x I x L/1000 V

VD = แรงดันตกในวงจรย่อย (V)

VD (T) = ค่าแรงดันตกตามมาตรฐาน (mV/A/m)

I = กระแสในวงจรย่อย (A)

L = ความยาวของสายวงจรย่อย (m)

2.1.8 โหลดไฟฟ้า

2.1.8.1 โหลดไฟฟ้าแสงสว่าง

โหลดไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับอาคารที่มีระบบปรับอากาศโดยทั่วไปจะมีค่าอยู่ประมาณร้อยละ 20–50 ของโหลดรวมทั้งหมด และถ้าหากคิดต่อพื้นที่จะประมาณ 20-100 VA ต่อตารางเมตร โหลดไฟฟ้าแสงสว่างอาจคิดแยกเป็นจุดๆ โดยคิดตามชนิดและขนาดของหลอดไฟฟ้าดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2-1 ค่าโหลดของหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี (LED Lamp)

กำลังไฟฟ้า	**โหลด**	
(W)	**LPF**	**HPF**
10	20	15
15	30	20
25	50	30
30	60	40
40	80	50
50	100	60
60	-	70
100	-	110
150	-	160
200	-	220
250	-	260
300	-	310

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.203)

สำหรับหลอดที่มีกำลังไฟฟ้าสูงกว่านี้ ส่วนมากจะมี PF 90 - 95% ดังนั้น อาจจะคิดหาโหลดได้ โดยการหารด้วย 0.9 เช่น หลอด LED 400 W โหลด 400/0.9 = 444 VA

ตารางที่ 2-2 ค่าโหลดของหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp)

หลอด FL		หลอด LED	
ขนาด (W)	**โหลด (VA)**	**ขนาด (W)**	**โหลด (VA)**
18 W	40 VA	16 W	20 VA
36 W	60 VA	25 W	30 VA

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.203)

ตารางที่ 2-3 ค่าโหลดของหลอดไฟฟ้า HID และ LED แบบปล่อยประจุความเข้มสูง

หลอด FL		หลอด LED	
ขนาด (W)	**โหลด (VA)**	**ขนาด (W)**	**โหลด (VA)**
80	100	60	70
125	160	100	110
250	300	200	220
400	500	300	310

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.203)

2.1.8.2 โหลดเต้ารับ

เต้ารับเป็นบริภัณฑ์ซึ่งติดตั้งไว้ เพื่อความสะดวกในการใช้กับบริภัณฑ์ไฟฟ้า โดยโหลดเต้ารับที่ใช้งานทั่วไป 1-3 เต้ารับให้คำนวณโหลดจุดละ 180 VA ส่วน 4 เต้ารับให้ใช้ 360 VA

2.1.8.3 โหลดระบบปรับอากาศ

โหลดของระบบปรับอากาศส่วนใหญ่ประกอบด้วยโหลดมอเตอร์ โดยเฉพาะมอเตอร์ขับคอมเพรสเซอร์ ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้พลังงานหลักของระบบโดยทั่วไปสามารถประมาณได้ว่ามอเตอร์ขนาด 1 Hp (0.75 kW) จะขับเคลื่อนเครื่องทำความเย็นขนาดประมาณ 1 ตันความเย็น หรือประมาณ 1 kVA คอมเพรสเซอร์โดยทั่วไปจะเป็นโหลดประมาณ 55-70% ของโหลดทั้งระบบ ดังนั้น **โหลดของระบบประอากาศ (kVA) = (1.5 ถึง 1.8) x ตันความเย็น**

ตารางที่ 2-4 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 1 เฟส 230V

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

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.205-206)

ตารางที่ 2-5 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split Type) 3 เฟส 400V

ความจุ (Capacity)		**โหลด (kVA)**
ตันความเย็น (TR)	**BTUH**	
4	48,000	6.1
5	60,000	7.8
6	72,000	9.7
7	84,000	12
8	96,000	13
9	108,000	14
10	120,000	16
12.5	150,000	19

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
30	360,000	56
35	420,000	58
40	480,000	70
50	600,000	93

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.205-206)

ตารางที่ 2-6 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package (Air Cooled) 3 เฟส 400V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
7.5	90,000	10
9	108,000	14
11	132,000	17
13	156,000	22
16	192,000	25
18	216,000	26

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.205-206)

ตารางที่ 2-7 ค่าโหลดของเครื่องปรับอากาศ Package (Water Cooled) 3 เฟส 400V

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
5	60,000	7.9
7.5	90,000	8.4

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

ความจุ (Capacity)		โหลด (kVA)
ตันความเย็น (TR)	BTUH	
10	120,000	12
15	180,000	17
20	240,000	23
25	300,000	33
30	360,000	40
35	420,000	53
45	540,000	62
55	660,000	77

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.205-206)

2.1.8.4 โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า

บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังมีการใช้งานอย่างแพร่หลายในอาคารและสถานประกอบการ เช่น เครื่องสูบน้ำ พัดลม เครื่องปรับอากาศ ลิฟต์ และเครื่องจักรกลต่างๆ โหลดประเภทมอเตอร์โดยทั่วไปจัดเป็นโหลดต่อเนื่อง (Continuous Load) เนื่องจากมีลักษณะการทำงานเป็นระยะเวลานาน และมีค่ากระแสใช้งานค่อนข้างคงที่ระหว่างการทำงานปกติ โดยทั่วไปสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะหลัก คือ มอเตอร์ระบบไฟฟ้า 1 เฟส แรงดัน 230 โวลต์ และมอเตอร์ระบบไฟฟ้า 3 เฟส แรงดัน 400 โวลต์

ในกรณีที่ไม่ทราบค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏ (VA) แต่ทราบกำลังไฟฟ้าในหน่วยกิโลวัตต์ (kW) หรือแรงม้า (HP) สามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าได้โดยพิจารณาค่า Power Factor (PF หรือ $\cos\theta$) หรืออาจจะคิดค่าประสิทธิภาพ (Efficiency, η) ร่วมด้วยก็ได้ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

2.1.8.4.1 มอเตอร์ระบบ 1 เฟส

$$I_n = \frac{P}{V \times \cos\theta \times \eta} \qquad (A)$$

2.1.8.4.2 มอเตอร์ระบบ 3 เฟส

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} x V x \cos\theta x \eta} \quad (A)$$

โดยที่ I_n = กระแสไฟฟ้า (A)

P = กำลังไฟฟ้า (W)

V = แรงดันไฟฟ้า (V)

$\cos\theta$ = Power Factor

η = ประสิทธิภาพ

ตารางที่ 2-8 พิกัดกระแสมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟส และ 3 เฟส

มอเตอร์ 1 เฟส				มอเตอร์ 3 เฟส , 50 Hz				
kW	HP	230 VA	240 VA	kW	HP	230 VA	380 VA	400 VA
0.37	0.5	3.9	3.6	**0.37**	0.5	2	1.0	1.0
0.55	0.75	5.2	4.8	**0.55**	0.75	2.8	1.6	1.5
0.75	1.0	6.6	6.1	**0.75**	1	3.6	2	1.9
1.1	1.5	9.6	8.8	**1.1**	1.5	5.2	2.6	2.5
1.5	2	13	12	**1.5**	2	6.8	3.5	3.4
1.8	2.5	16	14	**2.2**	3	9.6	5	4.8
2.2	3	19	17	**3**	4	11	6.6	6.3
3	4	24	22	**3.7**	5	15	7.7	7.4
4	5.5	30	27	**4**	5.5	12	8.5	8.1
4.4	6	35	32	**5.5**	7.5	22	11	11
5.2	7	40	36	**7.5**	10	28	15	15
5.5	7.5	42	39	**9**	12	33	18	17
6	8	44	41	**11**	15	42	22	21
7	9	49	45	**15**	20	54	36	28

ตารางที่ 2-8 (ต่อ)

มอเตอร์ 1 เฟส				มอเตอร์ 3 เฟส , 50 Hz				
kW	HP	230 VA	240 VA	kW	HP	230 VA	380 VA	400 VA
7.5	10	54	50	**18.5**	25	68	37	35
				22	30	80	44	42
				30	40	104	59	57
				37	50	130	72	69
				45	60	154	85	81
				55	75	192	104	100
				75	100	248	138	131
				90	125	312	170	162
				110	150	360	205	195
				132	180	430	245	233
				147	200	480	273	259
				160	220	522	300	285
				185	250	600	342	325
				200	270	648	370	352

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.243-244)

ตารางที่ 2-9 พิกัดกระแสมอเตอร์กระแสตรง

kW (HP)	พิกัดกระแส (A)					
	90 V	120 V	180 V	240 V	500 V	550 V
0.19 (1/4)	4.0	3.1	2.0	1.6		
0.25 (1/3)	5.2	4.1	2.6	2.0		
0.37 (1/2)	6.8	5.4	3.4	2.7		
0.55 (3/4)	9.6	7.6	4.8	3.8		

ตารางที่ 2-9 (ต่อ)

kW (HP)	พิกัดกระแส (A)					
	90 V	120 V	180 V	240 V	500 V	550 V
0.75 (1)	12.2	9.5	6.1	4.7		
1.1 (1 1/2)		13.2	8.3	6.6		
1.5 (2)		17	11	8.8		
2.2 (3)		25	16	12		
3.7 (5)		40	27	20		
5.5 (7 1/2)		58		29	14	12
7.5 (10)		76		38	18	16
11 (15)				55	27	24
15 (20)				72	34	31
18.5 (25)				89	43	38
22 (30)				106	51	46
30 (40)				140	67	61
37 (50)				173	83	75
45 (60)				206	99	90
55 (75)				255	123	111
75 (100)				341	164	148
90 (125)				425	205	185
110 (150)				506	246	222
147 (200)				675	330	294

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.243-244)

2.1.9 การใช้ดีมานต์แฟคเตอร์ในการคำนวณโหลดอาคารชุด

การกำหนดขนาดสายป้อน (Feeder) สำหรับอาคารชุดต้องเป็นไปตามหลักเกณฑ์การติดตั้งทางไฟฟ้าที่กำหนดไว้ในมาตรฐานของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) โดยกำหนดให้สายป้อนต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับรองรับกระแสโหลดที่เกิดขึ้นจริง และต้อง

ไม่น้อยกว่าค่าที่ได้จากการคำนวณผลรวมของโหลดวงจรย่อยเมื่อพิจารณาค่า Demand Factor ตามที่มาตรฐานกำหนด ดังนี้

ตารางที่ 2-10 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	**ขนาดของไฟแสงสว่าง (โวลต์ - แอมแปร์)**	**ดีมานต์แฟกเตอร์ (ร้อยละ)**
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 3,000 ส่วนเกิน 3,000 แต่ไม่เกิน 120,000 ส่วนเกินที่ 120,000	100 35 25
โรงพยาบาล*	ไม่เกิน 50,000 ส่วนเกิน 50,000	40 20
โรงแรม รวมถึงห้องชุด ที่ไม่มีส่วนให้ผู้อาศัยประกอบอาหารได้*	ไม่เกิน 20,000 20,001 – 100,000 ส่วนเกิน 100,000	50 40 30
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500 ส่วนเกิน 12,500	100 50
อาคารประเภทอื่นๆ	ทุกขนาด	100

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.283-284), วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564)

ตารางที่ 2-11 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

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

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.283-284), วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564)

ตารางที่ 2-12 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

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

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.283-284), วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564)

ตารางที่ 2-13 สูตรการคำนวณโหลดของอาคารชุด

ประเภทของห้องชุด	พื้นที่ห้อง (m^2)	สูตรการคำนวณ (VA)	
		ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง
1. ห้องชุดประเภทที่อยู่อาศัย	ไม่เกิน 55	L = 90 x A + 1500	L = 20 x A + 1500
	ไม่เกิน 180	L = 90 x A + 3000	L = 20 x A + 3000
	เกิน 180	L = 90 x A + 5000	L = 20 x A + 5000
2. ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป	ทุกขนาด	L = 155 x A	L = 85 x A
3. ห้องชุดที่ใช้ไฟฟ้ามากเป็นพิเศษ	ทุกขนาด	ตามสภาพที่ใช้จริง แสดงรายการตามคำนวณ	
4. ห้องชุดประเภทอุตสาหกรรม	ทุกขนาด	L = 220 x A	

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.283-284), วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564)

ตารางที่ 2-14 สูตรการคำนวณโหลดโดยการรวมแผงจ่ายไฟของวงจรย่อย

จำนวนแผงจ่ายไฟ	Demand Factor (D.F.)
1	1.00
2-3	0.90
4-6	0.80
7-10	0.70
มากกว่า 10	0.60

ที่มา : ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2564, น.283-284), วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. (2564)

2.2 MATLAB GUI

MATLAB คือ โปรแกรมคำนวณเชิงตัวเลขที่มีสิ่งแวดล้อมในการคำนวณของตัวเอง และมีภาษาเฉพาะตัวในการเขียนโปรแกรม โดยคำว่า MATLAB มาจากคำ 2 คำรวมกัน คือ Matrix และ Laboratory ซึ่งสามารถแปลเป็นภาษาไทยได้ว่า “ห้องปฏิบัติการเมทริกซ์”

MATLAB เริ่มพัฒนาขึ้นครั้งแรกโดย Cleve Moler ในช่วงปลายทศวรรษ 1970 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นเครื่องมือช่วยในการคำนวณเชิงเมทริกซ์สำหรับนักศึกษา โปรแกรมดังกล่าวถูกเขียนขึ้นด้วยภาษา Fortran และพัฒนาขึ้นภายใต้การใช้งานไลบรารี LINPACK และ EISPACK ซึ่งเป็นชุดคำสั่งสำหรับการคำนวณพีชคณิตเชิงเส้นและการวิเคราะห์ค่าเอกลักษณ์ (Eigenvalue) ต่อมาได้มีการจัดตั้งบริษัท MathWorks เพื่อพัฒนา MATLAB ในเชิงพาณิชย์และขยายขีดความสามารถของโปรแกรมอย่างต่อเนื่อง

ในปัจจุบัน MATLAB ถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์และออกแบบงานด้านวิศวกรรมอย่างหลากหลายสาขา อาทิ วิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมโยธา และวิศวกรรมควบคุม เนื่องจากมีความสามารถในการคำนวณเชิงตัวเลข การจัดการข้อมูลแบบเมทริกซ์ การวิเคราะห์สัญญาณ และการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูง

จากการพัฒนาอย่างต่อเนื่องของบริษัท MathWorks ทำให้ MATLAB มีการปรับปรุงโครงสร้างภายในของโปรแกรมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยมีการพัฒนาหลักการทำงานของภาษาให้รองรับการประมวลผลที่รวดเร็วขึ้น รวมถึงมีการพัฒนาโค้ดส่วนแกนหลัก (Core Engine) ด้วยภาษา C และ C++ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณ นอกจากนี้ ยังมีการพัฒนาเครื่องมือสำหรับการจำลองระบบแบบพลวัตผ่าน Simulink ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถสร้างแบบจำลองระบบควบคุม ระบบไฟฟ้ากำลัง และระบบกลไกต่าง ๆ ในลักษณะแผนภาพบล็อก (Block Diagram) ทำให้เข้าใจการทำงานของระบบได้อย่างเป็นรูปธรรม

ในด้านการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งาน มีการพัฒนาเครื่องมือสร้าง Graphical User Interface (GUI) เช่น App Designer ซึ่งช่วยให้สามารถออกแบบโปรแกรมที่มีปุ่มควบคุม ช่องกรอกข้อมูล และการแสดงผลกราฟิกได้อย่างเป็นระบบ ส่งผลให้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมีความสะดวกต่อการใช้งาน ลดความซับซ้อนของคำสั่ง และเพิ่มประสิทธิภาพในการประยุกต์ใช้งานตามบริบทของแต่ละสาขาวิชา

ด้วยเหตุนี้ MATLAB จึงยังคงได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมัยใหม่ และสามารถตอบสนองต่อความต้องการด้านการวิเคราะห์ การจำลอง และการพัฒนาเครื่องมือทางวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.2.1 Graphical User Interface (GUI)

Graphical User Interface (GUI) หมายถึง ระบบส่วนติดต่อผู้ใช้งานที่แสดงผลในรูปแบบกราฟิก โดยผู้ใช้สามารถโต้ตอบกับโปรแกรมผ่านองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น ปุ่มคำสั่ง (Button) กล่องข้อความ (Text Box) เมนู (Menu) แถบเลื่อน (Slider) และพื้นที่แสดงกราฟ (Axes) แทนการพิมพ์คำสั่งผ่านบรรทัดคำสั่ง (Command Line)

GUI มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกในการใช้งาน ลดความซับซ้อนของคำสั่งทางเทคนิค และช่วยให้ผู้ใช้ที่ไม่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรมสามารถใช้งานซอฟต์แวร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ GUI ยังช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการพิมพ์คำสั่งผิด และช่วยจัดระบบขั้นตอนการทำงานให้อยู่ในรูปแบบที่เป็นลำดับขั้นชัดเจน

MATLAB เดิมถูกออกแบบให้ทำงานผ่านระบบบรรทัดคำสั่ง (Command Window) เป็นหลัก ซึ่งเหมาะสำหรับผู้ที่มีพื้นฐานด้านการเขียนโปรแกรม อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการนำ MATLAB ไปใช้ในงานวิศวกรรมที่หลากหลายมากขึ้น รวมถึงการพัฒนาเป็นเครื่องมือช่วยสอนและโปรแกรมเฉพาะทาง จึงเกิดความจำเป็นในการพัฒนาส่วนติดต่อผู้ใช้งานในรูปแบบ GUI

บริษัท MathWorks จึงได้พัฒนาเครื่องมือสำหรับสร้าง GUI เช่น GUIDE (ในอดีต) และ App Designer (ในปัจจุบัน) เพื่อให้ผู้พัฒนาสามารถออกแบบโปรแกรมที่มีหน้าต่างควบคุม ปุ่มคำสั่ง และการแสดงผลกราฟิกได้อย่างสะดวก

การนำ GUI มาใช้ร่วมกับ MATLAB มีความสำคัญในงานวิศวกรรม เนื่องจาก

2.2.1.1 ช่วยให้ผู้ใช้สามารถป้อนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้อย่างเป็นระบบ

2.2.1.2 แสดงผลการคำนวณในรูปแบบกราฟหรือรายงานได้ทันที

2.2.1.3 ลดความผิดพลาดจากการพิมพ์คำสั่ง

2.2.1.4 เหมาะสำหรับพัฒนาเป็นโปรแกรมช่วยคำนวณเฉพาะด้าน เช่น โปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้า หรือโปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้า

ดังนั้น GUI จึงเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยขยายขีดความสามารถของ MATLAB จากเครื่องมือคำนวณเชิงตัวเลข ให้กลายเป็นแพลตฟอร์มสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันทางวิศวกรรมที่ใช้งานได้จริง

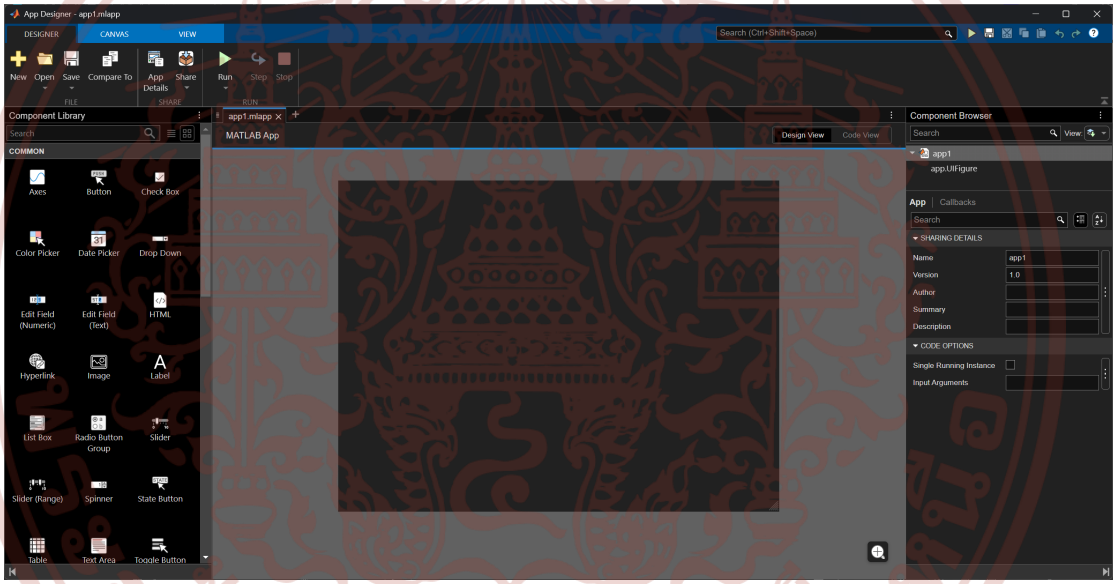
2.2.2 โครงสร้างการทำงานของ MATLAB GUI

การพัฒนา Graphical User Interface ใน MATLAB มีโครงสร้างการทำงานตามหลักการเขียนโปรแกรมแบบ Event-Driven Programming กล่าวคือ โปรแกรมจะไม่ทำงานตามลำดับคำสั่งต่อเนื่องเพียงอย่างเดียว แต่จะทำงานเมื่อเกิดเหตุการณ์ (Event) จากการกระทำของผู้ใช้งาน เช่น การกดปุ่ม การเลือกเมนู หรือการเปลี่ยนแปลงค่าข้อมูลในช่องกรอก

โครงสร้างการทำงานของ MATLAB GUI สามารถอธิบายได้เป็นองค์ประกอบหลักดังต่อไปนี้

2.2.2.1 ส่วนของหน้าต่างแอปพลิเคชัน (User Interface Figure)

เป็นโครงสร้างหลักของโปรแกรม ทำหน้าที่เป็นพื้นที่สำหรับจัดวางองค์ประกอบต่าง ๆ ของ GUI เช่น ปุ่มคำสั่ง ช่องกรอกข้อมูล ตาราง และกราฟ โดยในปัจจุบันนิยมพัฒนาด้วยเครื่องมือ App Designer ซึ่งช่วยให้สามารถออกแบบหน้าต่างโปรแกรมได้ในลักษณะลากวาง (Drag and Drop) หน้าต่างหลักนี้เปรียบเสมือนโครงร่าง (Framework) ที่ควบคุมการจัดวางตำแหน่งและคุณสมบัติ (Properties) ของอุปกรณ์ควบคุมทั้งหมด



ภาพที่ 2-2 ส่วน User Interface Figure ในโปรแกรม MATLAB GUI

2.2.2.2 ส่วนขององค์ประกอบควบคุม (UI Components)

องค์ประกอบควบคุม (Components) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับรับข้อมูลและแสดงผล เช่น

2.2.2.2.1 Button (ปุ่มคำสั่ง)

2.2.2.2.2 Edit Field (ช่องกรอกข้อมูล)

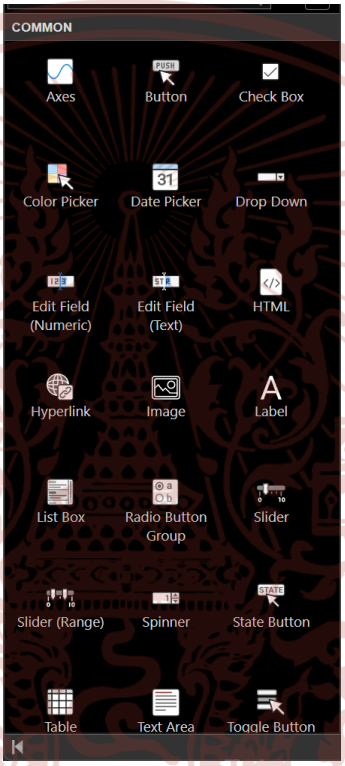
2.2.2.2.3 Label (ป้ายข้อความ)

2.2.2.2.4 Drop-down (เมนูเลือกค่า)

2.2.2.2.5 UITable (ตารางข้อมูล)

2.2.2.2.6 UIAxes (พื้นที่แสดงกราฟ)

แต่ละองค์ประกอบจะมีคุณสมบัติ (Properties) เช่น ค่าเริ่มต้น ข้อความที่แสดง หน่วย และสถานะการเปิด/ปิดการใช้งาน ซึ่งสามารถกำหนดได้ทั้งในส่วนออกแบบและในส่วนโค้ด



ภาพที่ 2-3 ส่วน UI Components ในโปรแกรม MATLAB GUI

2.2.2.3 ส่วนของคุณสมบัติ (Properties)

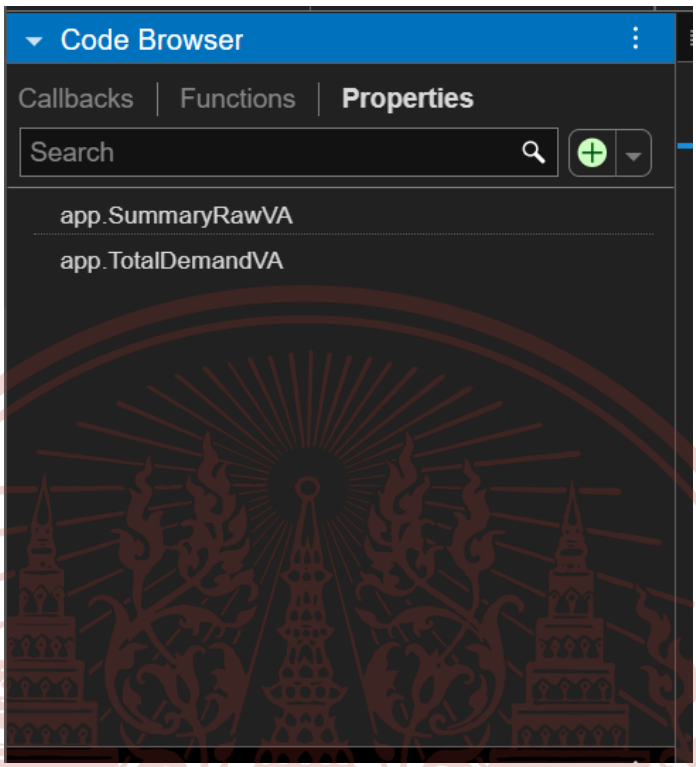
Properties เป็นตัวแปรที่ใช้เก็บข้อมูลภายในแอปพลิเคชัน เช่น

2.2.2.3.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ผู้ใช้ป้อน

2.2.2.3.2 ค่าที่คำนวณได้

2.2.2.3.3 ตัวแปรสถานะของระบบ

การกำหนด Properties ทำให้ข้อมูลสามารถเรียกใช้งานได้จากหลายฟังก์ชันภายในโปรแกรม และช่วยให้โครงสร้างโปรแกรมมีลักษณะเป็นระบบแบบเชิงวัตถุ (Object-Oriented Structure)



ภาพที่ 2-4 ส่วน Properties ในโปรแกรม MATLAB GUI

2.2.2.4 ส่วนของฟังก์ชันตอบสนองเหตุการณ์ (Callbacks)

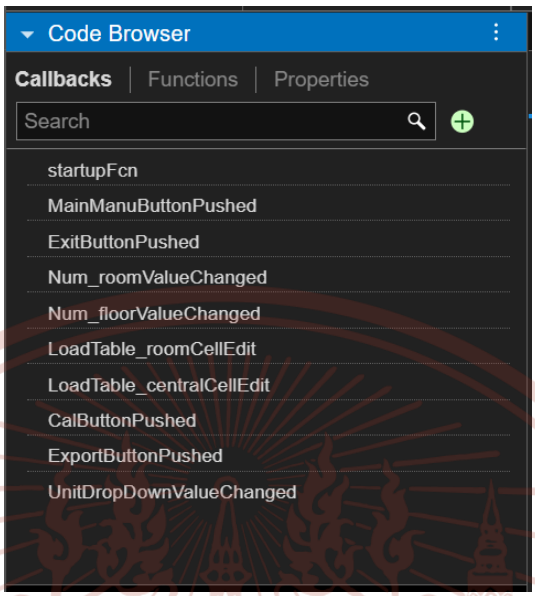
Callbacks เป็นหัวใจสำคัญของ MATLAB GUI โดยเป็นฟังก์ชันที่ถูกเรียกใช้งานเมื่อเกิดเหตุการณ์ เช่น

2.2.2.4.1 ButtonPushedFcn (เมื่อกดปุ่ม)

2.2.2.4.2 ValueChangedFcn (เมื่อค่ามีการเปลี่ยนแปลง)

2.2.2.4.3 SelectionChangedFcn (เมื่อมีการเลือกตัวเลือกใหม่)

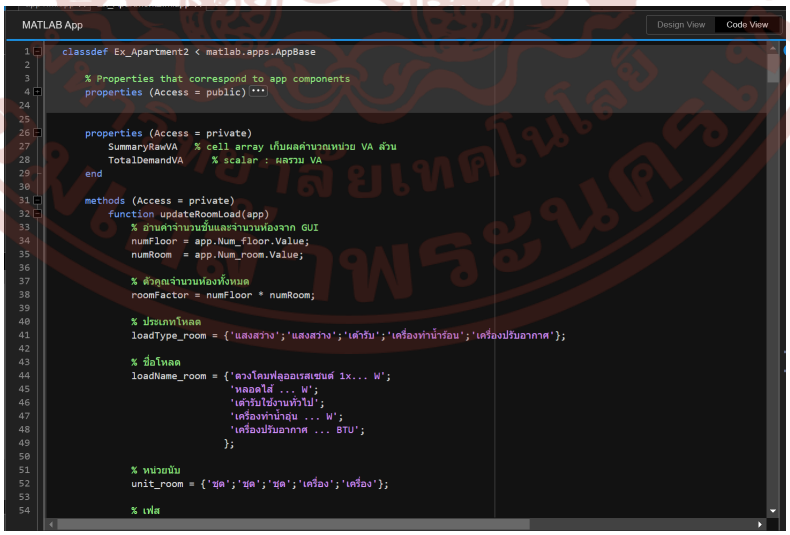
เมื่อผู้ใช้งานกระทำบางอย่าง โปรแกรมจะเรียก Callback ที่เกี่ยวข้องขึ้นมาทำงาน ซึ่งภายในฟังก์ชันนี้จะประกอบด้วยคำสั่งคำนวณ ตรวจสอบข้อมูล หรือแสดงผลลัพธ์



ภาพที่ 2-5 ส่วน Callbacks ในโปรแกรม MATLAB GUI

2.2.2.5 ส่วนของกระบวนการคำนวณ (Processing Logic)

ส่วนนี้เป็นส่วนที่ดำเนินการคำนวณตามหลักวิศวกรรมหรือสมการทางคณิตศาสตร์ โดยทั่วไปจะถูกเรียกใช้งานจาก Callback เพื่อประมวลผลข้อมูลที่รับมาจากผู้ใช้ แล้วส่งผลลัพธ์กลับไปแสดงในหน้าจอ GUI



ภาพที่ 2-6 ส่วน Processing Logic ในโปรแกรม MATLAB GUI

2.2.2.6 ส่วนของการแสดงผล (Output Display)

หลังจากที่ผู้ใช้งานกำหนดเงื่อนไขและป้อนข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนแล้ว ระบบจะทำการประมวลผลตามกระบวนการที่ได้ออกแบบไว้ เมื่อผู้ใช้งานสั่งงานผ่านปุ่มคำสั่ง เช่น ปุ่ม “RUN” โปรแกรมจะเรียกใช้ฟังก์ชันตอบสนองเหตุการณ์ (Callback Function) เพื่อดำเนินการคำนวณตามสมการหรือเงื่อนไขที่กำหนด

ภายหลังจากการประมวลผลเสร็จสิ้น ผลลัพธ์จะถูกส่งกลับไปแสดงผลผ่านองค์ประกอบของส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface Components) เช่น ช่องแสดงค่าตัวเลข (Edit Field) ป้ายข้อความ (Label) ตารางข้อมูล (UITable) หรือกราฟในพื้นที่แสดงผล (UIAxes) ภายใน MATLAB

การแสดงผลที่มีการจัดรูปแบบอย่างชัดเจน เป็นลำดับขั้น และสอดคล้องกับหน่วยทางวิศวกรรม จะช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์ผลลัพธ์ได้สะดวก ลดความคลาดเคลื่อนในการตีความข้อมูล และเพิ่มความถูกต้องในการนำผลลัพธ์ไปประยุกต์ใช้งานจริง นอกจากนี้ การออกแบบขั้นตอนการทำงานให้เชื่อมโยงกับปุ่มคำสั่ง “RUN” อย่างชัดเจน ยังช่วยให้ผู้ใช้งานเข้าใจลำดับกระบวนการทำงานของโปรแกรมตั้งแต่การรับข้อมูล การประมวลผล จนถึงการแสดงผลลัพธ์อย่างเป็นระบบ

2.3 สื่อการเรียนการสอน

2.3.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

สื่อ หมายถึง ตัวกลาง ที่ทำให้สิ่งหนึ่งเดินทางไปถึงอีกจุดหนึ่ง ซึ่งเป็นจุดหมายปลาย เช่น การส่งข่าวสาร ข้อมูลต่างๆ เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่างผู้ส่งและผู้รับ (จงจิต ไชยวงศ์, 2550)

การจัดการเรียนการสอน หมายถึง กระบวนการการปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน เพื่อทำให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่มั่นคง ถาวร ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ซึ่งต้องอาศัยประสบการณ์ ศาสตร์และศิลป์ของผู้สอน (อาภรณ์ ใจเที่ยง, 2553)

สื่อการจัดการเรียนการสอน หมายถึง สิ่งต่างๆ ที่เป็นวัตถุ อุปกรณ์ หรือสภาพแวดล้อมที่เป็นแหล่งการเรียนรู้ ซึ่งช่วยถ่ายถอดความรู้และประสบการณ์ไปถึงผู้เรียนจนก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่ต้องการ (พรนภา พุทธสังฆ์, 2555)

สื่อการจัดการเรียนการสอนเป็นสิ่งที่มีบทบาทอย่างมากในการสอน เพราะเป็นสื่อกลางที่ช่วยให้เกิดการสื่อสารระหว่างผู้สอนและผู้เรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ (ประเสริฐ สิ้นฤาษี, 2556)

ดังนั้น สื่อการจัดการเรียนการสอน หมายถึง ตัวกลางหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ทำหน้าที่เชื่อมโยงระหว่างผู้สอนกับผู้เรียน ไม่ว่าจะอยู่ในรูปของวัตถุ อุปกรณ์ เทคโนโลยี หรือสภาพแวดล้อม

ทางการเรียนรู้ โดยมีบทบาทสำคัญในการถ่ายทอดข่าวสาร ความรู้ และประสบการณ์ เพื่อให้เกิดกระบวนการปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันอย่างมีประสิทธิภาพ อันนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของผู้เรียนตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้อย่างมั่นคงและถาวร ทั้งนี้ การใช้สื่ออย่างเหมาะสมจำเป็นต้องอาศัยความรู้ ความเข้าใจ และทักษะเชิงวิชาชีพของผู้สอนในการออกแบบและจัดกระบวนการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับเนื้อหาและลักษณะของผู้เรียน

2.3.2 ประเภทของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการเรียนการสอนสามารถแบ่งออกตามคุณลักษณะได้ 4 ประเภท คือ

2.3.2.1 สื่อประเภทวัสดุ ได้แก่ สไลด์ แผ่นใส เอกสาร ตำรา สารเคมี สิ่งพิมพ์ และคู่มือการฝึกปฏิบัติ

2.3.2.2 สื่อประเภทอุปกรณ์ ได้แก่ ของจริง หุ่นจำลอง เครื่องเล่นเทปเสียง เครื่องเล่นวีดิทัศน์ อุปกรณ์และเครื่องมือในห้องปฏิบัติการ

2.3.2.3 สื่อประเภทเทคนิคหรือวิธีการ ได้แก่ การสาธิต การอภิปรายกลุ่ม การฝึกปฏิบัติ การฝึกงาน การจัดนิทรรศการ และสถานการณ์จำลอง

2.3.2.4 สื่อประเภทคอมพิวเตอร์ ได้แก่ คอมพิวเตอร์ช่วยสอน การนำเสนอด้วยคอมพิวเตอร์ การใช้อินทราเน็ตและอินเทอร์เน็ตเพื่อการติดต่อสื่อสารอิเล็กทรอนิกส์หรืออีเมล และการใช้เวิลด์ไวด์เว็บ

2.3.3 การเลือกใช้สื่อการเรียนการสอน

การเลือกสื่อการเรียนการสอนมาใช้กับการสอนนั้นควรคำนึงถึงความเหมาะสมต่างๆ ดังต่อไปนี้

2.3.3.1 ความเหมาะสมกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของบทเรียน การเรียนการสอนมีเป้าหมายต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้ในด้านใด เช่น ด้านสติปัญญา ทักษะ หรือทัศนคติ และอยู่ในระดับใด รวมทั้งกำหนดให้มีความสำคัญในการเรียนรู้เพียงใด

2.3.3.2 ความเหมาะสมกับลักษณะเนื้อหา เนื้อหาวิชาง่ายๆ ไม่ซับซ้อนอาจเข้าใจได้โดยการใช้คำพูด หรือใช้เพียงการเขียนแสดงด้วยข้อความ แต่ถ้าเป็นเนื้อหาที่ซับซ้อน ควรเลือกสื่อการสอนที่สามารถแสดงหลักการ การทำงานของกลไก ชิ้นส่วน หรือชุดทดลองสาธิตให้เห็นจริง หรืออาจใช้ภาพยนตร์หรือวีดิทัศน์ประกอบการสอน โดยควบคุมความเร็วในการนำเสนอให้เห็นรายละเอียดได้อย่างชัดเจน

2.3.3.3 ความเหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมการเรียนการสอน สื่อแต่ละประเภทอาจมีข้อจำกัดในการเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วม และสื่อบางประเภทอาจไม่มีประสิทธิภาพ หากผู้สอนไม่สามารถใช้ได้อย่างเหมาะสม กล่าวคือ ผู้สอนอาจละโอกาสในการให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม ดังนั้นผู้สอนควรพยายามส่งเสริมให้ผู้เรียนมีกิจกรรมร่วมในการใช้สื่อการสอนให้มากที่สุด

2.3.3.4 ความเหมาะสมสอดคล้องกับองค์ประกอบต่างๆ แต่ละองค์ประกอบมีเงื่อนไขที่แตกต่างกัน จึงควรพิจารณาในลักษณะความสัมพันธ์ซึ่งกันและกันอย่างรอบคอบ

2.3.4 การออกแบบสื่อการเรียนการสอน

การออกแบบสื่อการสอน (Instructional Media Design) หมายถึง กระบวนการวางแผน พัฒนา และจัดระบบองค์ประกอบของสื่ออย่างมีขั้นตอน เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา ลักษณะของผู้เรียน และบริบทของการจัดการเรียนการสอน โดยอาศัยหลักการออกแบบเชิงระบบ (Systematic Design) เป็นแนวทางสำคัญ

2.3.4.1 หลักการออกแบบสื่อการสอนเชิงระบบ

การออกแบบสื่อการสอนมักอ้างอิงแนวคิดการออกแบบการเรียนการสอน (Instructional Design) ซึ่งมีลักษณะเป็นกระบวนการเชิงระบบ โดยหนึ่งในรูปแบบที่ได้รับความนิยม คือ ADDIE Model ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ได้แก่

2.3.4.1.1 Analysis (การวิเคราะห์)

วิเคราะห์ความต้องการจำเป็น (Needs Analysis) ลักษณะผู้เรียน เนื้อหา และปัญหาการเรียนรู้ เพื่อกำหนดขอบเขตของสื่อ

2.3.4.1.2 Design (การออกแบบ)

กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โครงสร้างเนื้อหา รูปแบบกิจกรรม และรูปแบบสื่อที่จะใช้

2.3.4.1.3 Development (การพัฒนา)

สร้างและผลิตสื่อจริง เช่น เอกสารประกอบการสอน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ หรือสื่อมัลติมีเดีย

2.3.4.1.4 Implementation (การนำไปใช้)

นำสื่อไปทดลองใช้กับกลุ่มเป้าหมาย เพื่อศึกษาการใช้งานจริง

2.3.4.1.5 Evaluation (การประเมินผล)

ประเมินประสิทธิภาพของสื่อ ทั้งระหว่างกระบวนการ (Formative Evaluation) และหลังการใช้งาน (Summative Evaluation)

กระบวนการดังกล่าวช่วยให้การออกแบบสื่อมีทิศทางชัดเจน และสามารถปรับปรุงแก้ไขได้อย่างเป็นระบบ

2.3.4.2 องค์ประกอบสำคัญในการออกแบบสื่อการสอน

การออกแบบสื่อการสอนควรคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญ ดังนี้

2.3.4.2.1 ความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้
สื่อต้องสนับสนุนเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน

2.3.4.2.2 ความเหมาะสมกับผู้เรียน
พิจารณาระดับความรู้พื้นฐาน อายุ ความสนใจ และประสบการณ์เดิมของผู้เรียน

2.3.4.2.3 ความถูกต้องและทันสมัยของเนื้อหา
ข้อมูลต้องมีความถูกต้องตามหลักวิชาการ และสอดคล้องกับมาตรฐานปัจจุบัน

2.3.4.2.4 ความชัดเจนในการนำเสนอ
รูปแบบการจัดลำดับเนื้อหา ตัวอักษร สี ภาพ และกราฟ ควรเอื้อต่อการทำความเข้าใจ

2.3.4.2.5 การมีปฏิสัมพันธ์ (Interactivity)
ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม เช่น การตอบคำถาม การทดลอง หรือการจำลองสถานการณ์

2.3.5 การหาประสิทธิภาพสื่อการสอน

การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนเป็นกระบวนการสำคัญในการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพของสื่อ เพื่อให้มั่นใจว่าสื่อที่สร้างขึ้นสามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์การเรียนรู้และส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม โดยการประเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอนสามารถพิจารณาได้จากหลายมิติ ได้แก่ ด้านเนื้อหา ด้านการออกแบบ ด้านการใช้งาน และด้านผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน (Smaldino et al., 2019)

การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยทั่วไปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะสำคัญ ได้แก่ การประเมินเชิงคุณภาพและการประเมินเชิงปริมาณ โดยการประเมินเชิงคุณภาพมักใช้การพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญในด้านความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของเนื้อหากับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ ขณะที่การประเมินเชิงปริมาณจะใช้ข้อมูลจากผู้เรียน เช่น ความพึงพอใจ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หรือการใช้งานจริง เพื่อวัดประสิทธิผลของสื่อ (Dick et al., 2015)

การประเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอนสามารถดำเนินการในลักษณะของการทดลองใช้ (Try-out) กับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการใช้งานจริง โดยอาจใช้แบบสอบถามความพึงพอใจ การสังเกตพฤติกรรมการเรียนรู้ หรือการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนก่อนและหลังการใช้สื่อ ซึ่งช่วยให้สามารถสะท้อนถึงคุณภาพของสื่อในด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ได้อย่างเป็นรูปธรรม (Mayer, 2009)

ดังนั้น การหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน หมายถึง กระบวนการประเมินและตรวจสอบคุณภาพของสื่อการสอนในด้านต่าง ๆ ได้แก่ ความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของการออกแบบ ความสะดวกในการใช้งาน และผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน โดยอาศัยทั้งการประเมินเชิงคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญและการประเมินเชิงปริมาณจากผู้เรียน เพื่อให้มั่นใจว่าสื่อสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และบรรลุวัตถุประสงค์ทางการศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.5.1 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC : Index of Item-Objective Congruence) คือ ค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ใช้ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย โดยให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินว่าข้อคำถามตรงกับวัตถุประสงค์หรือไม่

การหาค่า IOC ดำเนินการโดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวนตั้งแต่ 3 คนขึ้นไป พิจารณาแต่ละรายการของเครื่องมือหรือสื่อการสอน แล้วให้คะแนนตามระดับความสอดคล้อง ได้แก่

2.3.5.1.1 +1 หมายถึง สอดคล้อง

2.3.5.1.2 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

2.3.5.1.3 -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

จากนั้นนำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาคำนวณค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่า IOC ของแต่ละรายการ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามสูตรดังนี้

$$IOC = \frac{(\sum X)}{N}$$

โดยที่ $\sum X$ คือ ผลรวมคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ใช้ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ส่วนรายการที่มีค่าต่ำกว่า 0.50 ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

การใช้ค่า IOC ในการประเมินเครื่องมือวิจัยหรือสื่อการสอนช่วยให้ผู้วิจัยสามารถตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ได้อย่างเป็นระบบ และช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของเครื่องมือก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง นอกจากนี้ยังช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจเกิดจากการออกแบบเนื้อหาหรือกิจกรรมที่ไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้ (Polit & Beck, 2006)

2.3.5.2 การประเมินความเหมาะสม

การประเมินความเหมาะสมมักดำเนินการโดยผู้เชี่ยวชาญในสาขาที่เกี่ยวข้อง ซึ่งจะพิจารณาองค์ประกอบต่าง ๆ ของสื่อ เช่น ความสอดคล้องกับหลักสูตร ความถูกต้องทางวิชาการ ความเหมาะสมของภาษาและระดับเนื้อหา รวมถึงความเหมาะสมกับผู้เรียนเป้าหมาย โดยอาจใช้แบบประเมินในลักษณะมาตรประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลในเชิงปริมาณได้ (Gronlund & Waugh, 2009)

เกณฑ์ทั่วไปในการประเมินความเหมาะสมมักใช้ ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เช่นเดียวกันกับการประเมินความพึงพอใจ โดยใช้มาตรวัดแบบลิเคิร์ท (Likert Scale) 5 ระดับ (บุญชม, 2563) ซึ่ง ได้ให้เกณฑ์การแปลผลที่เป็นมาตรฐาน ดังนี้

2.3.5.2.1 ค่าเฉลี่ย 4-51 - 5.00
มีความเหมาะสม/คุณภาพอยู่ในระดับ มากที่สุด

2.3.5.2.2 ค่าเฉลี่ย 3-51 - 4.00
มีความเหมาะสม/คุณภาพอยู่ในระดับ มาก

2.3.5.2.3 ค่าเฉลี่ย 2-51 - 3.00
มีความเหมาะสม/คุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง

2.3.5.2.4 ค่าเฉลี่ย 1-51 - 2.00
มีความเหมาะสม/คุณภาพอยู่ในระดับ น้อย

2.3.5.2.5 ค่าเฉลี่ย 1-00 - 1.50
มีความเหมาะสม/คุณภาพอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

2.3.5.3 ความจำเป็นของการหาประสิทธิภาพของชุดการสอน

การหาประสิทธิภาพของสื่อหรือชุดการสอนมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อกระบวนการพัฒนา โดยสามารถสรุปเหตุผลหลักได้ดังนี้

2.3.5.3.1 เพื่อประกันคุณภาพก่อนการผลิตหรือเผยแพร่ในวงกว้าง

การหาประสิทธิภาพช่วยยืนยันว่าชุดการสอนมีคุณภาพในระดับที่เหมาะสม หากขาดขั้นตอนนี้ อาจเกิดความสูญเสียทั้งด้านเวลา งบประมาณ และทรัพยากร หากต้องปรับปรุงหรือผลิตใหม่ในภายหลัง

2.3.5.3.2 เพื่อให้มั่นใจว่าสื่อสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ได้จริง

ชุดการสอนบางกรณีมีบทบาทเป็นเพียงเครื่องมือสนับสนุนการสอนของครู แต่บางกรณีอาจทำหน้าที่แทนครูผู้สอนได้โดยตรง ดังนั้น จึงต้องมั่นใจว่าสื่อดังกล่าวสามารถช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

2.3.5.3.3 เพื่อพัฒนาคุณภาพเนื้อหาและรูปแบบการนำเสนอ

กระบวนการหาประสิทธิภาพทำให้ผู้พัฒนาทราบถึงจุดแข็งและจุดที่ควรปรับปรุง ทั้งในด้านความยากง่ายของเนื้อหา ความชัดเจนของคำอธิบาย และความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยเพิ่มความเชี่ยวชาญในการพัฒนาสื่อครั้งต่อไป และลดความสูญเปล่าของทรัพยากร

2.4 การวิจัยทางการศึกษาและสถิติ

2.4.1 การวิจัยทางการศึกษา

การวิจัยทางการศึกษาเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ ความจริง หรือแนวทางแก้ไขปัญหาทางการศึกษาอย่างเป็นระบบ โดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และตีความข้อมูล เพื่อนำผลที่ได้ไปพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอน หลักสูตร สื่อการเรียนรู้ และระบบบริหารทางการศึกษา จึงสามารถสรุปได้ว่า การวิจัยทางการศึกษาคือกระบวนการเชิงระบบที่มุ่งตรวจสอบปัญหาในบริบททางการศึกษา โดยใช้วิธีการเชิงปริมาณ เชิงคุณภาพ หรือแบบผสมผสาน เพื่อให้ได้ข้อค้นพบที่มีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง

2.4.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัยทางการศึกษา

การวิจัยทางการศึกษามีวัตถุประสงค์สำคัญ ได้แก่

2.4.1.1.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและความต้องการทางการศึกษา

2.4.1.1.2 เพื่อพัฒนาและปรับปรุงรูปแบบการเรียนการสอน

2.4.1.1.3 เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหรือประสิทธิภาพของสื่อ/นวัตกรรม

2.4.1.1.4 เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการเรียนรู้

2.4.1.2 ประเภทของการวิจัยทางการศึกษา

การวิจัยทางการศึกษาสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภทหลัก ได้แก่

2.4.1.2.1 การวิจัยเชิงปริมาณ (Quantitative Research)

เป็นการวิจัยที่มุ่งวัดและวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบตัวเลข โดยใช้สถิติในการทดสอบสมมติฐาน เช่น การทดลอง (Experimental Research) การวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) และการวิจัยเชิงสำรวจ (Survey Research)

2.4.1.2.2 การวิจัยเชิงคุณภาพ (Qualitative Research)

เป็นการวิจัยที่มุ่งศึกษาปรากฏการณ์ทางการศึกษาในบริบทจริง โดยใช้การสังเกต การสัมภาษณ์ และการวิเคราะห์เนื้อหา เพื่อทำความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับพฤติกรรมและประสบการณ์ของผู้เรียน

2.4.1.2.3 การวิจัยแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research)

เป็นการผสมผสานระหว่างการวิจัยเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครอบคลุมและลึกซึ้งมากขึ้น

2.4.1.3 ขั้นตอนของการวิจัยทางการศึกษา

การวิจัยทางการศึกษาประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ ดังนี้

2.4.1.3.1 การกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.4.1.3.2 การทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1.3.3 การกำหนดกรอบแนวคิดและสมมติฐาน

2.4.1.3.4 การออกแบบวิธีดำเนินการวิจัย

2.4.1.3.5 การสร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.4.1.3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

2.4.1.3.7 การวิเคราะห์และสรุปผล

2.4.1.3.8 การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

2.4.1.4 ความสำคัญของการวิจัยทางการศึกษา

การวิจัยทางการศึกษามีบทบาทสำคัญในการพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอน โดยเฉพาะในยุคที่เทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทในการจัดการเรียนรู้ เช่น การพัฒนาสื่อการสอน โปรแกรมจำลอง หรือระบบ e-learning ซึ่งจำเป็นต้องผ่านกระบวนการวิจัยเพื่อประเมินประสิทธิภาพและความเหมาะสมก่อนนำไปใช้จริง

2.4.2 สถิติ

สถิติ คือ ศาสตร์ที่ว่าด้วยวิธีการเก็บ รวบรวม วิเคราะห์ สรุป และนำเสนอข้อมูลเชิงจำนวน ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยสามารถเข้าใจข้อมูลที่ซับซ้อนได้ง่ายขึ้น และนำไปใช้ในการตัดสินใจหรือสรุปผลทางการศึกษาได้อย่างมีเหตุผลและเป็นระบบ (Gravetter & Wallnau, 2016; Moore et al., 2017)

2.4.2.1 องค์ประกอบของสถิติ

สถิติประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ดังนี้

2.4.2.1.1 สถิติเชิงบรรยายหรือสถิติเชิงพรรณนา

เป็นสถิติที่ใช้อธิบายคุณลักษณะต่างๆ ของสิ่งที่ต้องการศึกษา สามารถจำแนกออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่

ก) การแจกแจงความถี่

ข) ตัวชี้วัดแนวโน้มเข้าสู่ศูนย์กลาง เช่น

(ก) ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$)

ผลการรวมข้อมูลที่ได้จากการวัดหารด้วยข้อมูลทั้งหมด

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

โดยที่ $\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

N คือ จำนวนข้อมูล

$\sum X$ คือ ผลรวมคะแนน

(ข) มัธยฐาน

ค่าที่อยู่ตรงกลางของชุดข้อมูล

(ค) ฐานนิยม

ค่าที่เกิดบ่อยที่สุดในชุดข้อมูล

ค) การวัดการกระจายของข้อมูล

(ก) พิสัย (Range)

(ข) พิสัยระหว่างควอไทด์ (Interquartile Range)

(ค) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

(ง) ความแปรปรวน (Variance)

(จ) ควอไทด์ (Quartile)

ง) การหาความสัมพันธ์ (Correlation)

2.4.2.1.2 สถิติอ้างอิงหรือสถิติเชิงอนุมาน

เป็นสถิติที่ใช้ในการสรุปลักษณะของประชากร จากผลการศึกษาข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง โดยอาศัยทฤษฎีความน่าจะเป็นในการอนุมารลักษณะของประชากรโดยศึกษาจากกลุ่มตัวอย่าง สามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ

ก) สถิติมีพารามิเตอร์ (Parametric Statistics)

ข) สถิติไร้พารามิเตอร์ (Non - Parametric Statistics)

2.4.2.2 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)

เป็นสถิติที่ใช้อธิบายความแตกต่างของตัวแปรที่ศึกษา โดยหากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าสูง แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันมาก แต่หากค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าต่ำ แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างมีความแตกต่างกันน้อย

$$S.D. = \sqrt{\frac{\sum(X - \overline{X})^2}{n-1}}$$

โดยที่ S.D. คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ จำนวนข้อมูล

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูล

n คือ จำนวนข้อมูลในกลุ่มตัวอย่าง

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

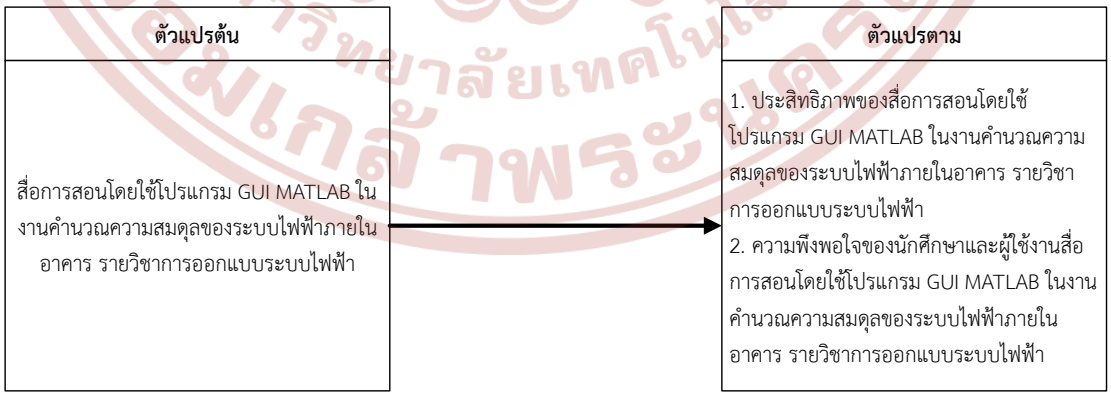
รัตติกาล สุทะ และ ขนิษฐา หินอ่อน (2567) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ การพัฒนาชุดการสอนกำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย MATLAB GUI สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือ แผนการจัดการเรียนรู้ ใบเนื้อหา ใบปฏิบัติงาน โปรแกรมนำเสนอพาวเวอร์พอยท์ โปรแกรมจำลองฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB ชุดฝึกวงจร RLC แบบทดสอบหลังเรียนและแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเป็นนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยเทคนิคแพร่ ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ หลักสูตรไฟฟ้ากำลัง ชั้นปีที่ 1 ปีการศึกษา 2566 จำนวน 20 คน ซึ่งผลการวิจัยพบว่า ชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพเท่ากับ 78.00/77.33 ซึ่งเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 75/75 และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อชุดการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.39 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 ดังนั้นการพัฒนาชุดการสอนกำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย MATLAB GUI สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพสามารถนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน ได้อย่าง มีประสิทธิภาพ

พินิจ เนื่องภิรมย์, กนกวรรณ เรืองสิริ และ สมศักดิ์ อคติมะกูล (2560)ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมจำลองแบบ GUI-MATLAB สำหรับวิชาหลักการระบบสื่อสาร โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยโปรแกรมจำลองที่พัฒนาด้วย GUI-MATLAB สำหรับรายวิชาการประมวลผลสัญญาณ ซึ่งครอบคลุมเนื้อหา 1) สัญญาณพื้นฐาน 2) สัญญาณมอดูเลชัน และ 3) สัญญาณเสียง กลุ่มตัวอย่าง

คือ นักศึกษาจำนวน 30 คน ที่ลงทะเบียนเรียนรายวิชาหลักการระบบสื่อสาร ณ มหาวิทยาลัยราชมงคลล้านนา ผลการประเมินคุณภาพของโปรแกรมจำลอง GUI-MATLAB โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน พบว่า โปรแกรมมีความเหมาะสมในระดับมาก ประสิทธิภาพของโปรแกรมจำลองสอดคล้องกับเกณฑ์มาตรฐานตามสูตรของ Meguigans โดยมีค่าเท่ากับ 1.10 ความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อโปรแกรมอยู่ในระดับสูง (ค่าเฉลี่ย = 4.45, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.33) ดังนั้น โปรแกรมจำลองที่พัฒนาขึ้นสามารถนำไปประยุกต์ใช้และต่อยอดในการจัดการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมโทรคมนาคมและสาขาที่เกี่ยวข้องได้

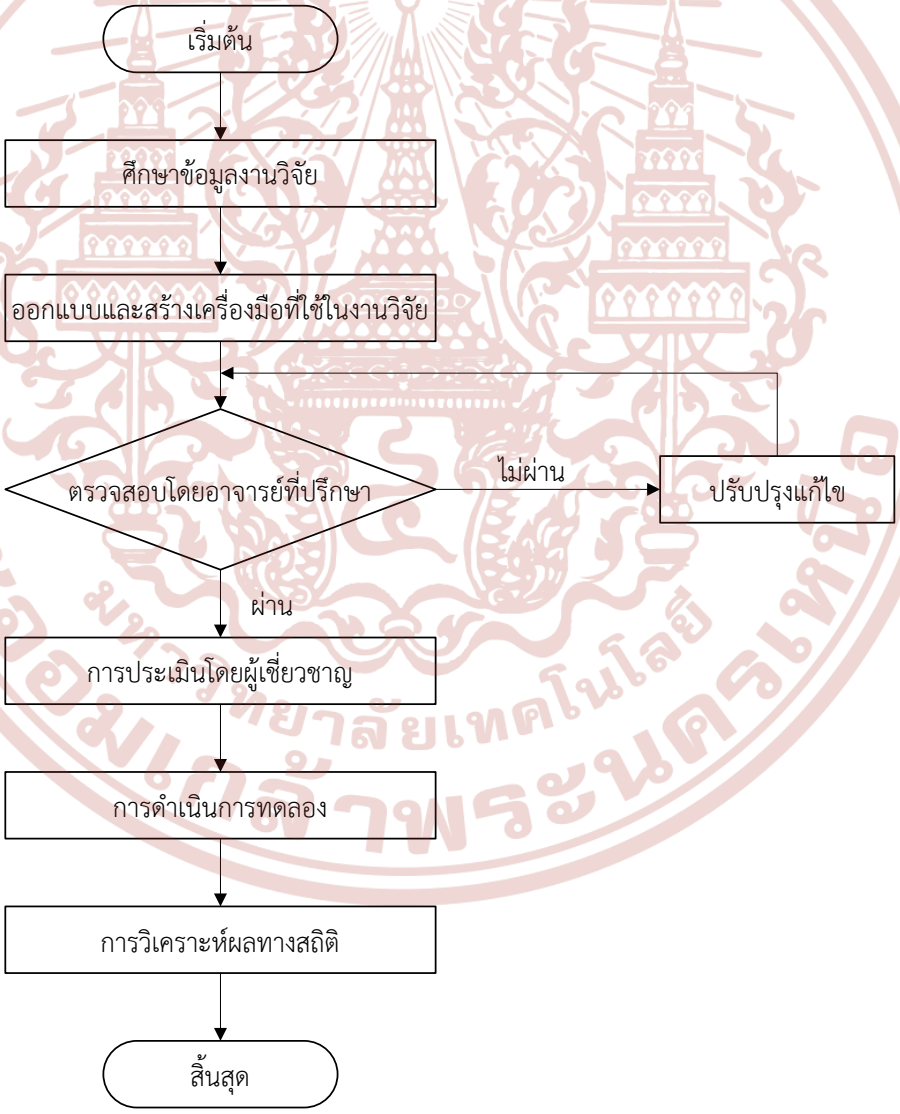
ไพศาล คงเรือง และ สมมารถ ขำเกลี้ยง ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับโปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสาหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยคือ โปรแกรมจำลองฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB ที่ได้พัฒนาขึ้นมาเรียกว่า PDES-M และมีผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พบว่าผลการคำนวณของโปรแกรมมีความถูกต้องสอดคล้องกับผลการคำนวณทางทฤษฎี โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 0.01 และผลการประเมินคุณภาพการใช้งานโดยผู้เชี่ยวชาญอยู่ในระดับมากที่สุด ดังนั้น โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถสามารถนำไปใช้ช่วยในการออกแบบได้อย่างถูกต้อง อีกทั้งยังช่วยลดเวลาและความซับซ้อนในขั้นตอนการออกแบบ เพิ่มความสะดวกแก่ผู้ใช้งาน และลดค่าใช้จ่ายในการจัดซื้อลิขสิทธิ์ นอกจากนี้ ยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ในหัวข้อการออกแบบวงจรมอเตอร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.6 กรอบแนวคิดการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในบทนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ซึ่งการดำเนินงานวิจัยผู้วิจัยได้มีการดำเนินการวิจัยดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ลำดับขั้นตอนการดำเนินงานวิจัน

โดยขั้นตอนการดำเนินงานมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

3.3 การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

3.4 การดำเนินการวิจัย

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดทำสื่อการจัดการเรียนการสอน เรื่องการคำนวณโหลดและการทำเฟสสมดุล ดังต่อไปนี้

3.1.1 ศึกษาเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับ การออกแบบระบบไฟฟ้า โดยการศึกษาและรวบรวมข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร ตำรา และอินเตอร์เน็ต ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคาร พ.ศ. 2564 โดยมีการกำหนดหัวข้อในเนื้อหา คือ การคำนวณโหลด, การคำนวณโหลดวงจรย่อย, การคำนวณโหลดอาคารชุด และการจัดทำเฟสสมดุล (Balance Phase)

3.1.2 ศึกษาการพัฒนาสื่อโปรแกรมจำลองโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB โดยเริ่มจากการศึกษาหลักการเขียนโปรแกรม รูปแบบการใช้คำสั่งของ MATLAB การสร้างส่วนติดต่อผู้ใช้แบบกราฟิก (GUI) ให้สอดคล้องกับเนื้อหา ตลอดจนการพัฒนาแบบสอบถามเพื่อวัดความคิดเห็นของผู้เรียน โดยอ้างอิงจากเอกสาร ตำรา และตัวอย่างแบบสอบถามที่เกี่ยวข้อง

3.1.3 ศึกษาวิธีการจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้มีกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลาย และได้ศึกษาการเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ซึ่งเปรียบเสมือนเป้าหมายในการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อนั้นๆ

3.1.4 ศึกษาการวิจัยทางการศึกษาและสถิติ เพื่อศึกษาหลักการ แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยทางการศึกษา ตลอดจนวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติที่เหมาะสม เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการวิจัย การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ผลการวิจัยให้มีความถูกต้อง เชื่อถือได้ และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

3.1.5 ดำเนินการเขียนกรอบแนวคิดการวิจัย โดยกำหนดตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.1.5.1 ตัวแปรต้น คือ สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI ของ MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า

3.1.5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของสื่อการสอน และความพึงพอใจของนักศึกษาและผู้ใช้งานที่มีต่อสื่อการสอนดังกล่าว

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ใบเนื้อหาสำหรับครูและนักเรียน/นักศึกษา ใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน โปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB แบบประเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอน และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาเครื่องมือแต่ละประเภทตามขั้นตอนอย่างเป็นระบบ ดังนี้

3.2.1 แผนการจัดการเรียนรู้

3.2.1.1 ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักสูตรรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา เมื่อพิจารณารายละเอียดของคำอธิบายรายวิชาดังกล่าวมาแล้ว จึงสามารถกำหนดหัวข้อการจัดการเรียนการสอนได้ ดังนี้

3.2.1.1.1 หลักการพื้นฐานการออกแบบ และระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า
3.2.1.1.2 สายไฟฟ้า
3.2.1.1.3 ท่อ รางเดินสาย และรางเคเบิ้ล
3.2.1.1.4 บริภัณฑ์ไฟฟ้า
3.2.1.1.5 การต่อลงดิน
3.2.1.1.6 วงจรประธาน วงจรย่อย และสายป้อน
3.2.1.1.7 การคำนวณโหลดและการจัดทำเฟสสมดุล
3.2.1.1.8 การคำนวณกระแสลัดวงจร
3.2.1.1.9 การป้องกันระบบไฟฟ้า
3.2.1.1.10 การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า
3.2.1.1.11 หลักการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง
3.2.1.1.12 การบำรุงรักษาระบบไฟฟ้ากำลัง

3.2.1.2 เมื่อทำการศึกษาข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์เนื้อหา และได้พิจารณาเลือกหัวข้อในการวิจัยครั้งนี้ คือ การคำนวณโหลดและการจัดทำเฟสสมดุล โดยมีรายละเอียดหัวข้อในการเรียนการสอนประจำหน่วย ดังนี้

3.2.1.2.1 การคำนวณโหลดและการจัดทำเฟสสมดุล

ก) การคำนวณโหลดตามมาตรฐาน วสท.

ข) การคำนวณโหลดวงจรย่อย

ค) การคำนวณโหลดอาคารชุด

ง) การจัดทำเฟสสมดุล

3.2.1.3 กำหนดรายละเอียดของหัวข้อเนื้อหาในแต่ละหน่วยการเรียน

3.2.1.4 กำหนดวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อระบุพฤติกรรมที่ต้องการให้ผู้เรียนเปลี่ยนแปลงหลังจากการเรียนในหน่วยนั้นๆ

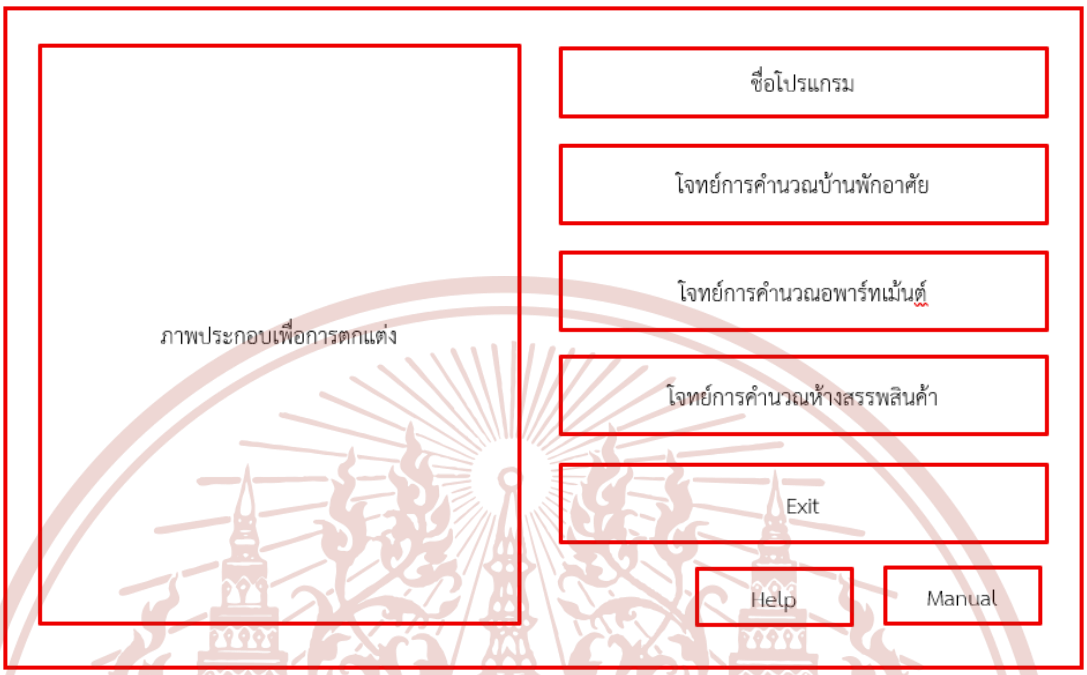
3.2.1.5 สร้างใบเนื้อหา ใบงาน และใบประเมินผลการปฏิบัติงาน

3.2.1.6 อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้อง และพิจารณาความเหมาะสม จากนั้นนำผลมาสรุปและทำการปรับปรุงแก้ไข

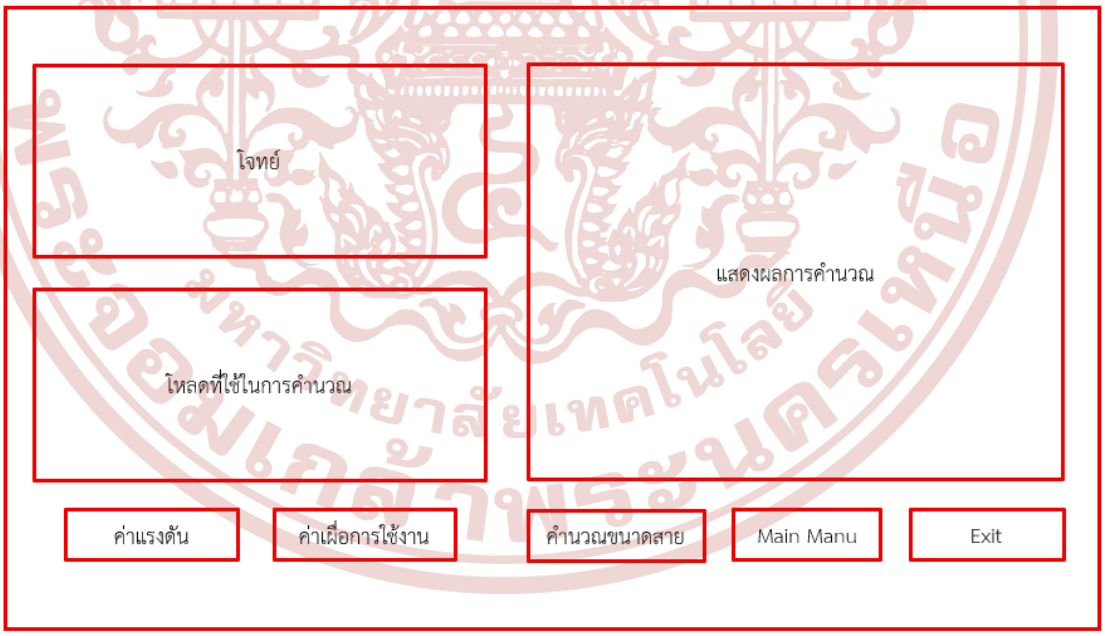
3.2.2 สื่อการสอนด้วยโปรแกรมจำลองฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB

การสร้างโปรแกรมคำนวณเพื่อใช้ในการออกแบบระบบไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ออกแบบการทำงานภายใต้ฟังก์ชัน Graphical User Interface (GUI) ของโปรแกรม MATLAB โดยกำหนดความต้องการของระบบและลักษณะการโต้ตอบกับผู้ใช้งานอย่างชัดเจน ทั้งนี้ องค์ประกอบหลักของโปรแกรมประกอบด้วย ส่วนรับข้อมูล (Input) ส่วนประมวลผล (Processing) ส่วนแสดงผลลัพธ์ (Output) และส่วนติดต่อผู้ใช้งาน (User Interface) เพื่อให้โปรแกรมสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง สะดวกต่อการใช้งาน และสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการออกแบบระบบไฟฟ้า

การสร้างโปรแกรมจำลองการทำงาน ภายใต้ฟังก์ชัน Graphical User Interface (GUI) ของโปรแกรม MATLAB นั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการร่างแบบหน้าต่างการใช้งานและทดลองเขียนคำสั่งในส่วนของโปรแกรม MATLAB ก่อน ซึ่งจะได้ไฟล์ในลักษณะ *.m เพื่อตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมก่อนเริ่มดำเนินการจัดทำหน้าต่างการใช้งานผ่าน App Designer ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างหน้าต่างการใช้งานของโปรแกรม ดังภาพที่ 3-2 , 3-3 และ 3-4

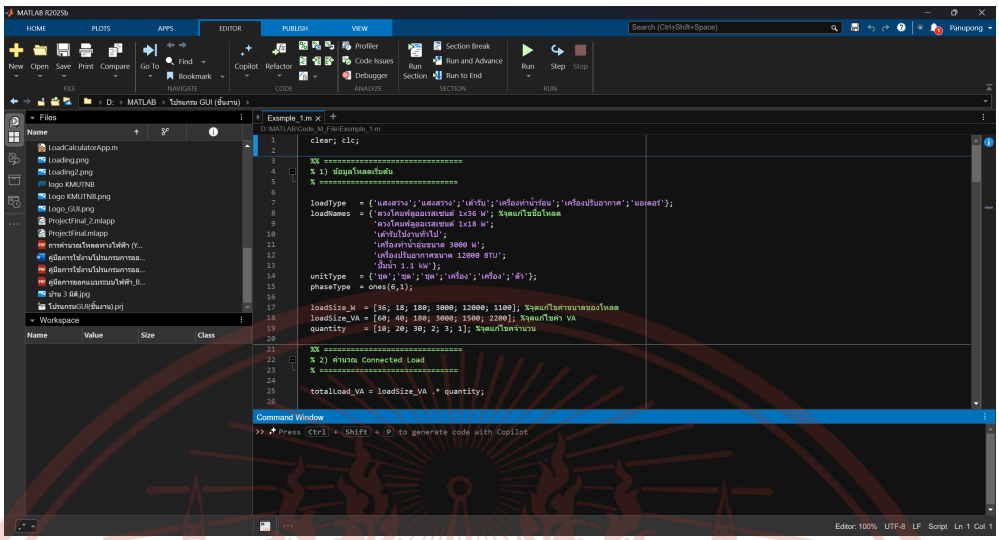


(ก)

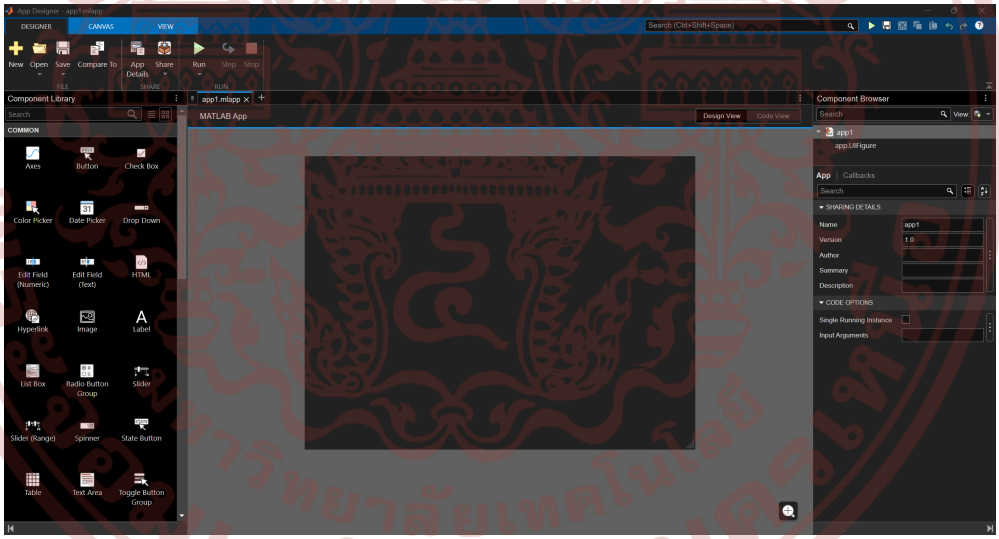


(ข)

ภาพที่ 3-2 ร่างหน้าต่างการใช้งานโปรแกรม



ภาพที่ 3-3 หน้าต่างของโปรแกรม MATLAB



ภาพที่ 3-4 หน้าต่างของฟังก์ชัน App Designer

3.2.3 แบบสอบถามความพึงพอใจ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อใช้ประเมินเจตคติของกลุ่มตัวอย่างที่มีต่อสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร เป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จำนวน 11 ข้อ ครอบคลุมด้านการเรียนการสอน ด้านสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร และด้านการประเมินทักษะการปฏิบัติงาน

3.3 การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ

การประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญในงานวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพิจารณาความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของสื่อการสอนที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ทั้งในด้านเนื้อหาและด้านรูปแบบของสื่อการสอน ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง โดยผู้วิจัยได้คัดเลือกผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและด้านการจัดการเรียนการสอน จำนวน 5 ท่าน เพื่อทำการประเมินคุณภาพของเครื่องมือวิจัย

ในการประเมิน ผู้วิจัยได้จัดทำแบบประเมินในลักษณะมาตรประมาณค่า (Rating Scale) เพื่อให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาความเหมาะสมของรายการประเมินแต่ละข้อ พร้อมทั้งเปิดโอกาสให้เสนอแนะความคิดเห็นเพิ่มเติม เพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาสื่อการสอนให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ด้าน ดังนี้

3.3.1 การประเมินทางด้านเนื้อหา

เป็นการประเมินความถูกต้อง ความครบถ้วน และความเหมาะสมของเนื้อหาในสื่อการสอน โดยพิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายวิชา ความเหมาะสมกับระดับผู้เรียน ความถูกต้องตามหลักวิชาการ และความชัดเจนของการนำเสนอเนื้อหา ทั้งนี้ ผู้เชี่ยวชาญจะพิจารณาว่าเนื้อหาที่นำเสนอสามารถส่งเสริมการเรียนรู้และช่วยให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในกระบวนการคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมหรือไม่

3.3.2 การประเมินทางด้านสื่อการสอน

เป็นการประเมินคุณภาพของสื่อการสอนในด้านการออกแบบและการใช้งาน โดยพิจารณาความเหมาะสมของรูปแบบการนำเสนอ ความสวยงามและความเป็นระเบียบของหน้าจอโปรแกรม ความสะดวกในการใช้งาน ความชัดเจนของปุ่มคำสั่ง และความสามารถของโปรแกรมในการแสดงผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้องและเข้าใจง่าย นอกจากนี้ยังรวมถึงการพิจารณาความเหมาะสมของสื่อในการนำไปใช้ประกอบการจัดการเรียนการสอนจริง

ภายหลังจากการประเมิน ผู้วิจัยได้นำผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และพิจารณาปรับปรุงแก้ไขสื่อการสอนตามข้อเสนอแนะ เพื่อให้สื่อการสอนมีคุณภาพและมีความเหมาะสมก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.4 การดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้นตอนอย่างเป็นระบบ เพื่อให้การวิจัยเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ โดยแบ่งการดำเนินการออกเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย และขั้นตอนการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.4.1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.4.1.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสื่อการสอน การออกแบบระบบไฟฟ้า และการพัฒนาโปรแกรม GUI ของ MATLAB เพื่อนำมาเป็นแนวทางในการดำเนินการวิจัย

3.4.1.2 กำหนดวัตถุประสงค์ ขอบเขต และกรอบแนวคิดของการวิจัย รวมทั้งกำหนดตัวแปรต้นและตัวแปรตามให้สอดคล้องกับการวิจัย

3.4.1.3 ออกแบบและพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI ของ MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ให้สอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา

3.4.1.4 สร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอน และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

3.4.1.5 นำเครื่องมือและสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และความสอดคล้องของเนื้อหา พร้อมทั้งปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

3.4.1.6 เตรียมความพร้อมของสื่อการสอนและเครื่องมือวิจัย ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างจริง

3.4.2 ขั้นตอนการนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

3.4.2.1 ชี้แจงวัตถุประสงค์ประจำหน่วยการเรียน วิธีการใช้งานสื่อการสอน และขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมให้กลุ่มตัวอย่างทราบ

3.4.2.2 ดำเนินการจัดการเรียนการสอนโดยใช้สื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า

3.4.2.3 ให้ผู้เรียนทำกิจกรรมและใบงานตามที่กำหนดในสื่อการสอน เพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับการเรียนรู้และประสิทธิภาพของสื่อ

3.4.2.4 หลังจากเสร็จสิ้นการเรียนการสอน ให้ผู้เรียนและผู้ใช้งานตอบแบบสอบถามความพึงพอใจที่มีต่อสื่อการสอนและโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น

3.4.2.5 รวบรวมข้อมูลที่ได้จากการทดลอง เพื่อนำไปวิเคราะห์ผลตามวิธีการทางสถิติ

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐาน เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย โดยแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูลออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

3.5.1 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

การวิเคราะห์ความสอดคล้องของเครื่องมือวิจัย โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ (Index of Item-Objective Congruence: IOC) จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

3.5.1.1 +1 หมายถึง สอดคล้อง

3.5.1.2 0 หมายถึง ไม่แน่ใจ

3.5.1.3 -1 หมายถึง ไม่สอดคล้อง

จากนั้นนำคะแนนของผู้เชี่ยวชาญแต่ละคนมาคำนวณค่าเฉลี่ย เพื่อหาค่า IOC ของแต่ละรายการ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามสูตรดังนี้

$$IOC = \frac{(\sum X)}{N}$$

โดยที่ $\sum X$ คือ ผลรวมคะแนนจากผู้เชี่ยวชาญ

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ที่ใช้ได้ควรมีค่าตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ส่วนรายการที่มีค่าต่ำกว่า 0.50 ควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริง

3.5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่าเฉลี่ย (Mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation: S.D.) เพื่อใช้ในการอธิบายระดับประสิทธิภาพของสื่อการสอน และระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งาน ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์การแปลความหมายของค่าเฉลี่ย ดังนี้

3.5.2.1 ค่าเฉลี่ย 4-51 - 5.00

มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจ/คุณภาพอยู่ในระดับ มากที่สุด

3.5.2.2 ค่าเฉลี่ย 3-51 - 4.00

มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจ/คุณภาพอยู่ในระดับ มาก

3.5.2.3 ค่าเฉลี่ย 2-51 - 3.00

มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจ/คุณภาพอยู่ในระดับ ปานกลาง

3.5.2.4 ค่าเฉลี่ย 1-51 - 2.00

มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจ/คุณภาพอยู่ในระดับ น้อย

3.5.2.5 ค่าเฉลี่ย 1-00 - 1.50

มีความเหมาะสม/ความพึงพอใจ/คุณภาพอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

สรุปขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ในการดำเนินงาน ผู้วิจัยใช้วิธีการคำนวณในการประมวลผล โดยมีขั้นตอนสรุปดังนี้

3.5.3 ตรวจสอบความสมบูรณ์ของข้อมูล คัดแยกชุดข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ออก (กรณีที่นักเรียนขาดเรียนหรือป่วย)

3.5.4 วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของทุกเครื่องมือ

3.5.5 วิเคราะห์ความพึงพอใจแยกรายด้าน เพื่อหาจุดเด่นและจุดที่ควรพัฒนาของสื่อการสอน

3.5.6 สังเคราะห์ผลการวิจัย นำผลระเมินประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยผู้เชี่ยวชาญ และความพึงพอใจ มาสรุปภาพรวมเพื่อตอบวัตถุประสงค์การวิจัย

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บทที่ 4
ผลของการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา และเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของนักศึกษาและผู้ใช้งานสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ที่พัฒนาขึ้น โดยได้วิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลการวิจัยตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการสร้างสื่อการสอน

4.2 ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน

4.4 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า

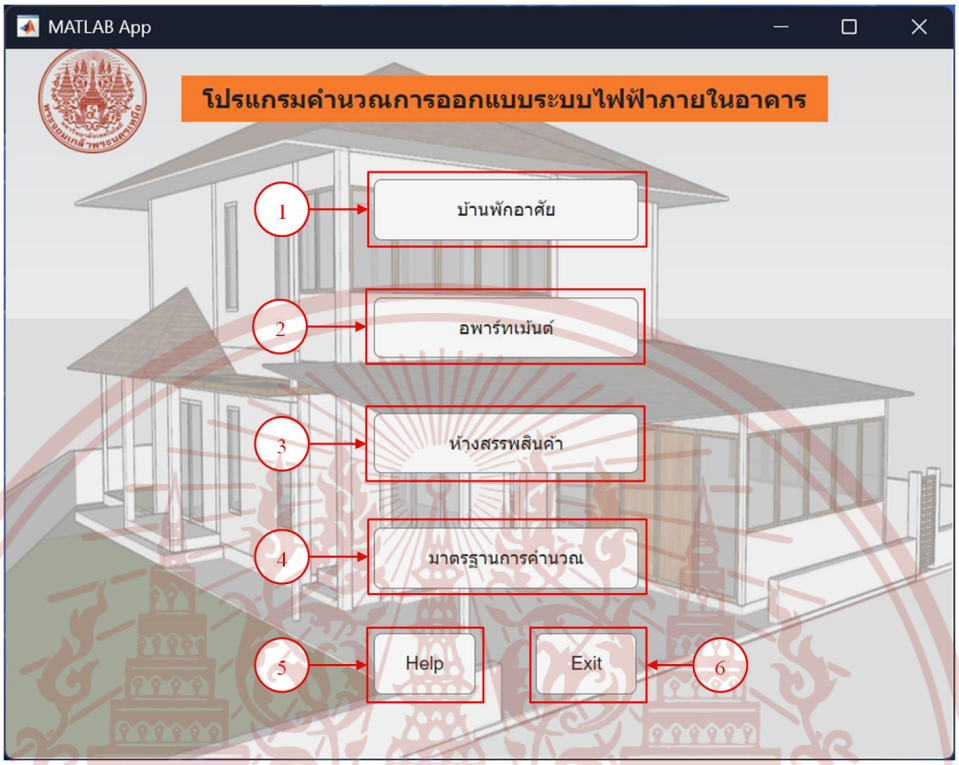
4.1 ผลการสร้างสื่อการสอน

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ที่สร้างขึ้น มีผลการดำเนินงาน ดังต่อไปนี้

4.1.1 ผลของโปรแกรมจำลองการทำงานฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB ที่ได้พัฒนาขึ้น

โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น โดยใช้หลักการคำนวณโหลดตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคาร พ.ศ. 2564 ที่สามารถกำหนดค่าตัวแปรได้ตามที่ต้องการภายใต้เงื่อนไขของโจทย์ที่มีความสอดคล้องกับใบงาน โดยการทำงานของโปรแกรมจะมีลักษณะเป็นหน้าต่างเมนูที่ทำงานภายใต้ฟังก์ชัน GUI (Graphic User Interface) ของโปรแกรม MATLAB โดยมีรูปแบบการใช้งาน ดังนี้

4.1.1.1 เมื่อเปิดโปรแกรม EDELC ขึ้นมาจะพบกับหน้าต่าง Main Menu และหัวข้อต่างๆ ดังภาพที่ 4-1



ภาพที่ 4-1 หน้าต่าง Menu

จากภาพที่ 4-1 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

4.1.1.1.1 หมายเลข 1 โจทย์การคำนวนบ้านพักอาศัย

4.1.1.1.2 หมายเลข 2 โจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์

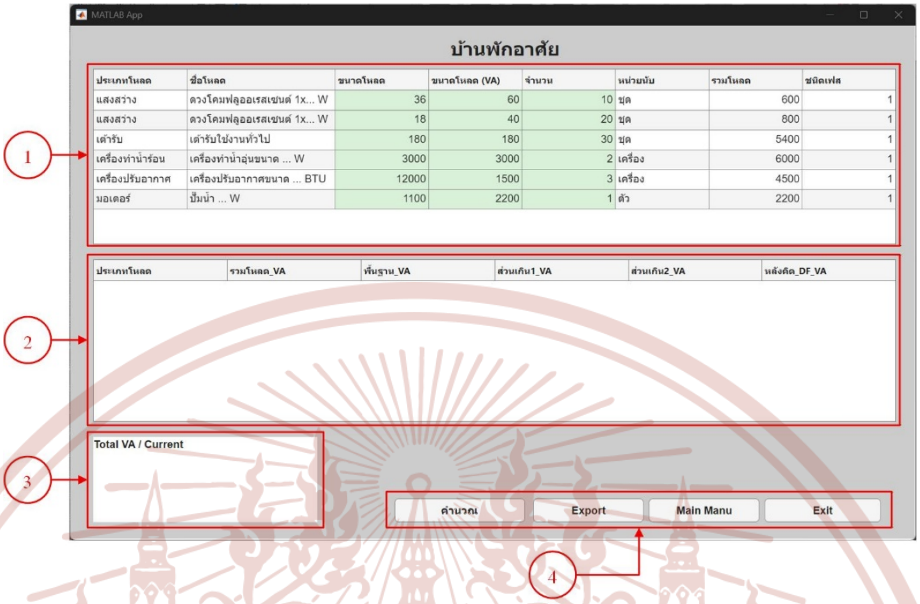
4.1.1.1.3 หมายเลข 3 โจทย์การคำนวนห้างสรรพสินค้า

4.1.1.1.4 หมายเลข 4 เอกสารประกอบการคำนวณ

4.1.1.1.5 หมายเลข 5 คู่มือการใช้งานโปรแกรม “Help”

4.1.1.1.6 หมายเลข 6 ปิดการใช้งานโปรแกรม

4.1.1.2 เลือกโจทย์การคำนวณที่ต้องการทดลอง ยกตัวอย่างบ้านพักอาศัย จะได้หน้าต่าง ดังภาพที่ 4-2



ภาพที่ 4-2 หน้าต่างโจทย์การคำนวณบ้านพักอาศัย

จากภาพที่ 4-2 จะสังเกตได้ว่า หน้าต่างการใช้งานโจทย์การคำนวณบ้านพักอาศัยถูกออกแบบให้แบ่งโครงสร้างการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยในแต่ละส่วนมีหน้าที่และรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งรายละเอียดของแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

4.1.1.2.1 หมายเลข 1 พื้นที่แสดงโจทย์การคำนวณ โดยในส่วนนี้ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการกรอกหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลภายในพื้นที่ที่กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการประมวลผลและคำนวณตามเงื่อนไขของโจทย์ที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ทั้งนี้ข้อมูลที่ผู้ใช้งานป้อนจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณและแสดงผลในส่วนอื่นของโปรแกรมต่อไป ดังภาพที่ 4-3



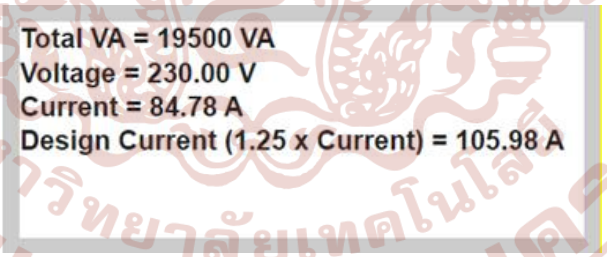
ภาพที่ 4-3 พื้นที่แสดงโจทย์การคำนวณ

4.1.1.2.2 หมายเลข 2 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลดแยกประเภทตามมาตรฐานที่กำหนด โดยจะแสดงค่าการคำนวณของโหลดในแต่ละประเภทตามข้อมูลที่ผู้ใช้งานได้เลือกหรือป้อนเข้าสู่ระบบ ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวถูกออกแบบให้เป็นส่วนสำหรับแสดงผลข้อมูลเท่านั้น ผู้ใช้งานไม่สามารถดำเนินการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลภายในพื้นที่นี้ได้ ดังภาพที่ 4-4

ประเภทโหลด	รวมโหลด_VA	พื้นฐาน_VA	ส่วนเกิน1_VA	ส่วนเกิน2_VA	หลังคิด_DF_VA
แสงสว่าง	1400	1400	0	0	1400
เต้ารับ	5400	5400	0	0	5400
เครื่องทำน้ำร้อน	6000	6000	0	0	6000
เครื่องปรับอากาศ	4500	4500	0	0	4500
มอเตอร์	2200	2200	0	0	2200

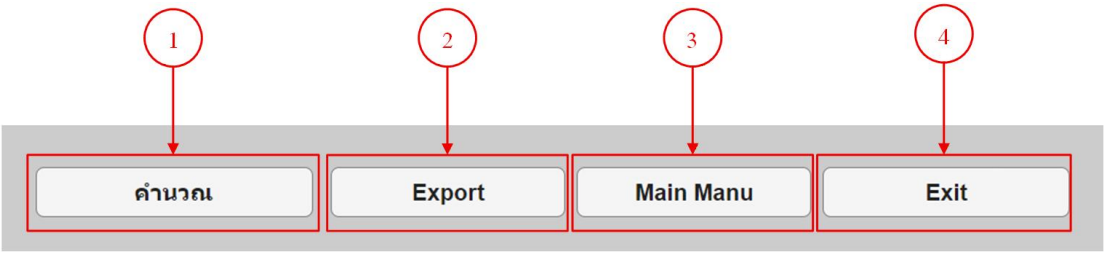
ภาพที่ 4-4 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลดแยกประเภท

4.1.1.2.3 หมายเลข 3 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลด โดยในส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณโหลดทั้งหมดตามมาตรฐานของโจทย์ที่กำหนด และตามข้อมูลที่ผู้ใช้งานได้เลือกหรือป้อนเข้าสู่ระบบ ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวถูกออกแบบให้เป็นส่วนสำหรับแสดงผลข้อมูลเพียงอย่างเดียว ผู้ใช้งานไม่สามารถดำเนินการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลภายในพื้นที่นี้ได้ ดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลด

4.1.1.2.4 หมายเลข 4 ปุ่มควบคุมการทำงาน โดยในส่วนนี้ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการสั่งงานและควบคุมกระบวนการทำงานต่างๆ ของระบบหรือการดำเนินการตามคำสั่งที่กำหนดไว้ภายในโปรแกรมอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ดังภาพที่ 4-6

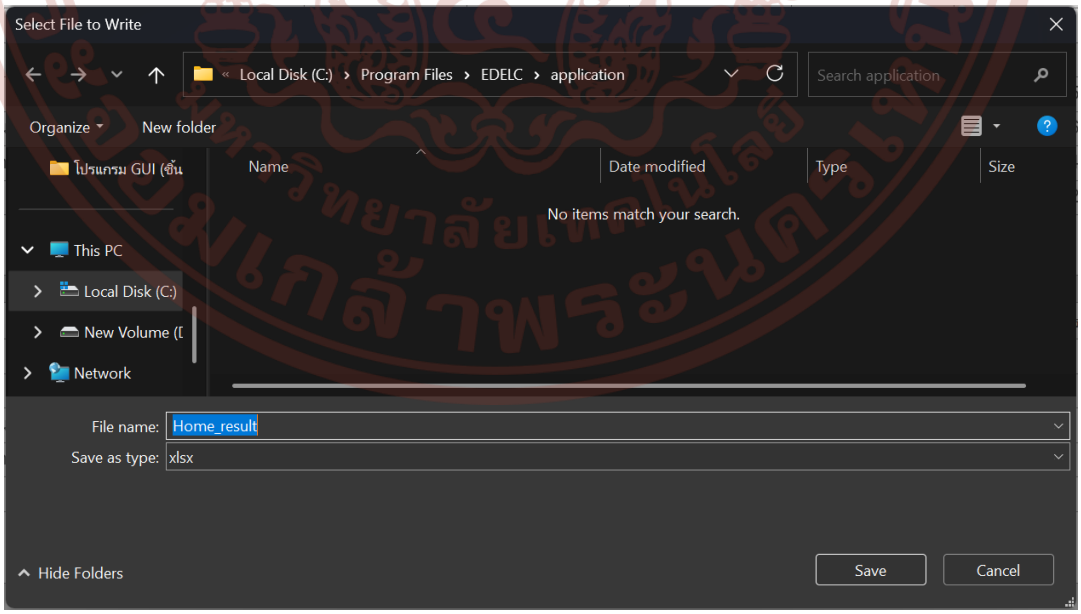


ภาพที่ 4-6 ปุ่มควบคุมการทำงาน

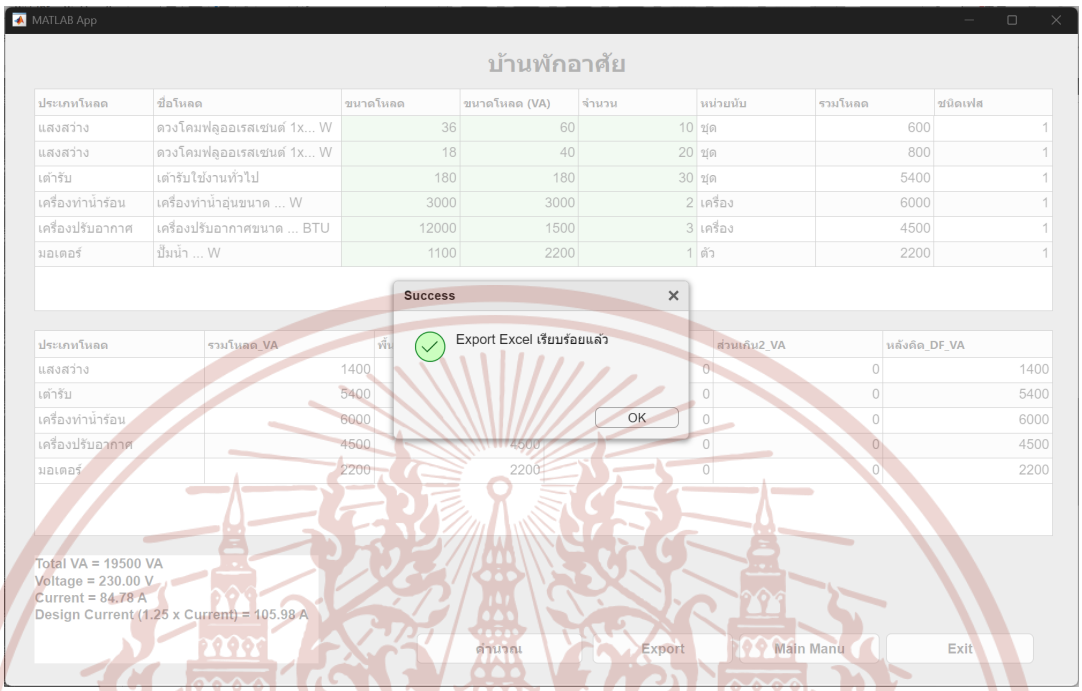
จากภาพที่ 4-6 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

ก) หมายเลข 1 ปุ่ม “คำนวณ” ทำหน้าที่สั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณโหลดตามที่โจทย์หรือผู้ใช้งานกำหนด โดยหากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในโจทย์ ผู้ใช้งานต้องดำเนินการสั่ง “คำนวณ” ใหม่ทุกครั้ง

ข) หมายเลข 2 ปุ่ม “Export” ทำหน้าที่ส่งออกผลการคำนวณเมื่อผู้ใช้งานต้องการบันทึกข้อมูล โดยไฟล์งานที่ได้จะเป็นไฟล์ Excel นามสกุล .xlsx และสามารถจัดเก็บในโฟลเดอร์ตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้ ดังภาพที่ 4-7 และเมื่อสิ้นเสร็จการส่งออก หรือการดำเนินการสำเร็จโปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนผลการส่งออก “Export Excel เรียบร้อยแล้ว” ดังภาพที่ 4-8 (ในขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานยังคงสามารถใช้งานโปรแกรมได้ต่อเนื่องจนกว่า จะสั่งปิดโปรแกรม)



ภาพที่ 4-7 ไฟล์งานหลังการสั่ง Export

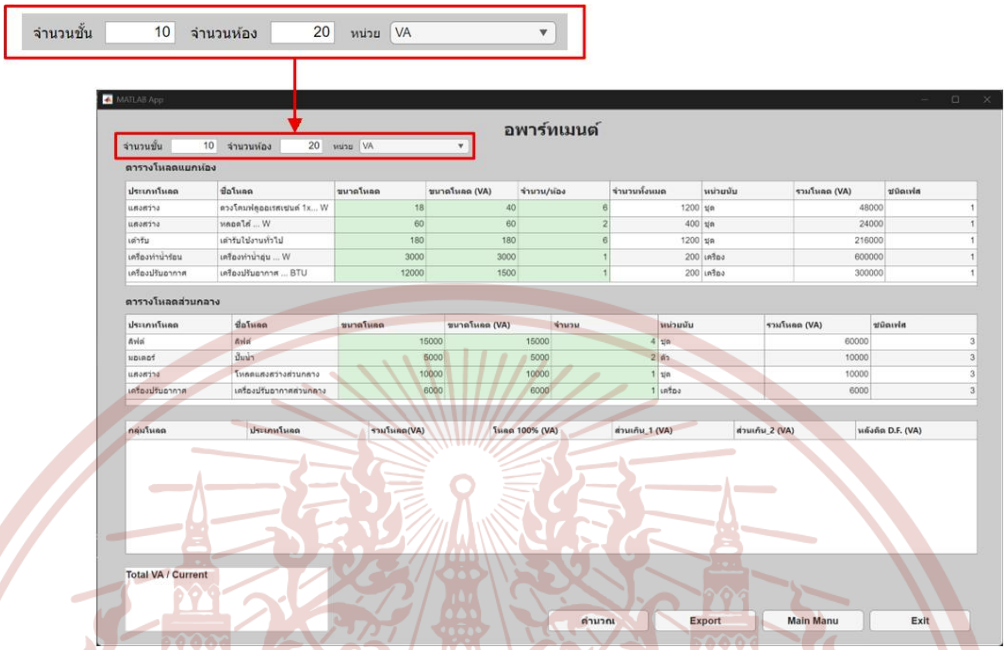


ภาพที่ 4-8 แจ้งเตือนผลการส่งออก

ค) หมายเลข 3 ปุ่ม “Main Menu” ทำหน้าที่สำหรับสั่งการกลับไปยังหน้าหลักของโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเมนูการทำงานอื่น ๆ หรือเริ่มต้นกระบวนการใช้งานใหม่ตามที่ต้องการ

ง) หมายเลข 4 ปุ่ม “Exit” ทำหน้าที่สั่งปิดการทำงานของโปรแกรม

4.1.1.3 โจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์ จะมีความแตกต่างจากโจทย์อื่นๆ เพียงเล็กน้อย โดยในโจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์ จะสามารถดำเนินการเปลี่ยนแปลงข้อมูล จำนวนชั้น, จำนวนห้อง และ หน่วยที่ใช้ ได้ ดังภาพที่ 4-9

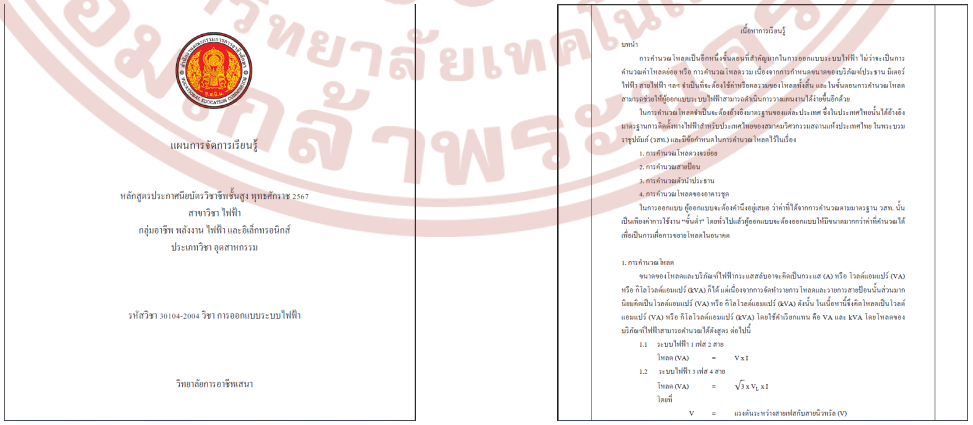


ภาพที่ 4-9 โจทย์การคำนวณอพาร์ทเม้นต์

สูตรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าภายในโปรแกรมนั้น ผู้วิจัยได้อ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564

4.1.2 ผลการสร้างเอกสารประกอบการสอน

เอกสารประกอบการสอนจะประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้ (แผนการสอน), ใบเนื้อหาครู/ผู้เรียน, แบบฝึกหัดจำนวน 10 ข้อ และใบงานจำนวน 4 ใบงาน ดังภาพที่ 4-10

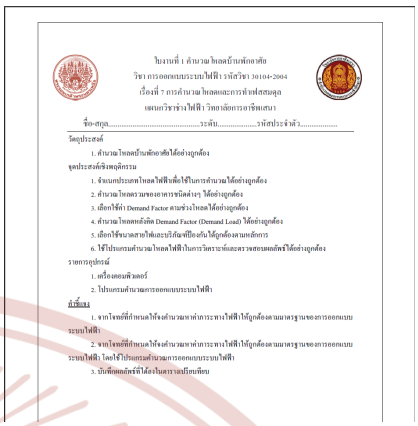


(ก) (ข)

ภาพที่ 4-10 เอกสารประกอบการสอน



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4-10 เอกสารประกอบการสอน (ต่อ)

4.2 ผลการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้นำเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item–Objective Congruence: IOC) เพื่อพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4-1 และ 4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องใบงานที่ 1-3 จากผู้เชี่ยวชาญ (IOC)

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าความสอดคล้อง IOC	ความหมายการประเมิน
	ใบงานที่ 1-3		
1	คำนวณโหลดรวมของอาคารชนิดต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	1	นำไปใช้ได้
2	เลือกใช้ค่า Demand Factor ตามช่วงโหลดได้อย่างถูกต้อง	1	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 4-1 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าความสอดคล้อง IOC	ความหมายการประเมิน
	ใบงานที่ 1-3		
4	เลือกใช้ขนาดสายไฟและบริภัณฑ์ป้องกันได้ถูกต้องตามหลักการ	0.8	นำไปใช้ได้
5	ใช้โปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าในการวิเคราะห์และตรวจสอบผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง	1	นำไปใช้ได้

จากตารางที่ 4-1 พบว่า รายการประเมินส่วนใหญ่มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ในระดับสูง โดยรายการประเมินจำนวน 4 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญทุกท่านมีความเห็นสอดคล้องกันว่ารายการประเมินมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเนื้อหา ส่วนอีก 1 รายการมีค่า IOC เท่ากับ 0.80 ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ แสดงว่าใบงานที่ 1–3 มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องใบงานที่ 4 จากผู้เชี่ยวชาญ (IOC)

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าความสอดคล้อง IOC	ความหมายการประเมิน
	ใบงานที่ 4		
1	อธิบายหลักการและความสำคัญของการจัดทำเฟสสมดุลในระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้อย่างถูกต้อง	1	นำไปใช้ได้

ตารางที่ 4-2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	ค่าความสอดคล้อง IOC	ความหมายการประเมิน
	ใบงานที่ 4		
2	จำแนกและจัดกลุ่มโหลดไฟฟ้าเข้าสู่แต่ละเฟสได้อย่างเหมาะสม	1	นำไปใช้ได้
3	คำนวณกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสจากโหลดที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยใช้สูตรและหลักเกณฑ์ตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	0.6	นำไปใช้ได้
4	ปรับกระจายโหลดเพื่อให้ค่ากระแสของแต่ละเฟสใกล้เคียงกันมากที่สุด	0.4	ควรปรับปรุง
5	สรุปผลการจัดทำเฟสสมดุลพร้อมเสนอแนวทางปรับปรุงหรือแก้ไขได้อย่างเหมาะสม	0.8	นำไปใช้ได้

จากตารางที่ 4-2 พบว่า รายการประเมินมีค่าดัชนีความสอดคล้องแตกต่างกัน โดยรายการประเมินจำนวน 2 ข้อ มีค่า IOC เท่ากับ 1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้อย่างชัดเจน ขณะที่บางรายการมีค่า IOC เท่ากับ 0.80 และ 0.60 ซึ่งยังอยู่ในระดับที่สามารถยอมรับได้ อย่างไรก็ตาม มี 1 รายการที่มีค่า IOC เท่ากับ 0.40 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด แสดงว่ารายการดังกล่าวควรได้รับการปรับปรุงแก้ไขให้มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของเนื้อหามากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 4-3 ผลประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5)

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	เนื้อหาถูกต้องตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้า	4.60	0.49	มากที่สุด
2	เนื้อหาครอบคลุมการคำนวณโหลดและเฟสสมดุลครบถ้วน	4.60	0.49	มากที่สุด
3	มีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ ปวส.	4.60	0.49	มากที่สุด
4	แผนการสอนมีลำดับขั้นตอนชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
5	ใบเนื้อหาเข้าใจง่าย อ่านแล้วเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	4.40	0.80	มาก
6	ใบงานส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติ	4.20	0.75	มาก
7	สื่อช่วยให้เข้าใจการคำนวณโหลดชัดเจนขึ้น	4.40	0.80	มาก
8	สื่อช่วยให้เข้าใจการจัดทำเฟสสมดุลได้ดีขึ้น	4.20	0.75	มาก
9	สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง	5.00	0.00	มากที่สุด
10	แบบฝึกหัดมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	4.40	0.80	มาก
11	มีความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาและเวลาเรียน	4.40	0.80	มาก
12	มีความพึงพอใจโดยรวมต่อสื่อการสอนชุดนี้	5.00	0.00	มากที่สุด
รวม		**4.57**		**มากที่สุด**

จากตารางที่ 4-3 พบว่า ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.57 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด ได้แก่ แผนการสอนมีลำดับขั้นตอนชัดเจน สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง และมีความพึงพอใจโดยรวมต่อสื่อการสอนชุดนี้ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 5.00 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.00 แสดงให้เห็นว่าผู้เชี่ยวชาญมีความเห็นสอดคล้องกันในระดับสูง นอกจากนี้ รายการประเมินอื่น ๆ ส่วนใหญ่มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 4.20 – 4.60 ซึ่งอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.00 – 0.80 แสดงให้เห็นว่าเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา การออกแบบ และการนำไปใช้งาน

จาผลการประเมินดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นมีคุณภาพ และมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้อง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ซึ่งส่วนใหญ่อยู่ในระดับ 0.80–1.00 อันเป็นช่วงค่าที่แสดงถึงความสอดคล้องระหว่างรายการประเมินกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้ในระดับที่ยอมรับได้ถึงดีมาก นอกจากนี้ ผลการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือโดยผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด สะท้อนให้เห็นว่าเครื่องมือวิจัยมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา โครงสร้าง รูปแบบการนำเสนอ และความสามารถในการนำไปใช้จริงในบริบทของการจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตาม สำหรับรายการประเมินที่มีค่า IOC ต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญอย่างเป็นระบบก่อนนำไปใช้จริง

4.3 ผลการหาประสิทธิภาพของสื่อการสอน

การทดสอบหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร ซึ่งได้ทำการทดสอบหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนที่ประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ใบเนื้อหาสำหรับครูและนักเรียน/นักศึกษา ใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน โปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB ซึ่งผลการวิเคราะห์ข้อมูลสามารถสรุปได้ดังแสดงในตารางที่ 4-4 และ 4-5

ตารางที่ 4-4 ผลคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนโดยสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB

คนที่	**คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)**	**คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)**
1	20	30
2	10	28
3	20	30
4	20	30
5	9	30
6	7	30

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)
7	5	30
8	6	30
9	7	25
10	20	30
11	20	30
$\sum$	195	437
$\bar{X}$	13.00	29.13
S.D.	6.90	1.96

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน (n=15)

การทดสอบ	จำนวนคน (n)	คะแนนเต็ม	$\bar{X}$	S.D.	t	Sig.
ก่อนเรียน	15	30	13.00	6.90	8.64**	.000**
หลังเรียน	15	30	29.13	1.96		

จากตารางที่ 4-4 และ 4-5 แสดงผลการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจำนวน 15 คน พบว่า คะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.90 ขณะที่คะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.13 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.96 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (Dependent t-test) พบว่า ค่า t = 8.64 และมีค่า Sig. = .000 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4.4 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า

ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการจัดการเรียนการสอนโดยภาพรวม ซึ่งประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ใบเนื้อหาสำหรับครูและนักเรียน/นักศึกษา ใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน โปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB โดยผู้ใช้งานมีจำนวนทั้งสิ้น 19 คน ประกอบด้วย นักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ชั้นปีที่ 1 รุ่นปีการศึกษา 2568 แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 จำนวน 15 คน, ครูผู้สอนในแผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา จำนวน 4 คน และสามารถสรุปผลการประเมินได้ดังแสดงใน ตารางที่ 4-6

ตารางที่ 4-6 ผลประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า (n=19)

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
1	เนื้อหาถูกต้องตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้า	3.74	0.78	มาก
2	เนื้อหาครอบคลุมการคำนวณโหลดและเฟสสมดุลครบถ้วน	3.84	0.59	มาก
3	มีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ ปวส.	4.00	0.86	มาก
4	แผนการสอนมีลำดับขั้นตอนชัดเจน	3.68	0.57	มาก
5	ใบเนื้อหาเข้าใจง่าย อ่านแล้วเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง	3.89	0.79	มาก
6	ใบงานส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติ	4.16	0.81	มาก
7	สื่อช่วยให้เข้าใจการคำนวณโหลดชัดเจนขึ้น	3.95	0.83	มาก
8	สื่อช่วยให้เข้าใจการจัดทำเฟสสมดุลได้ดีขึ้น	4.00	0.86	มาก
9	สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง	3.74	0.64	มาก
10	แบบฝึกหัดมีความเหมาะสมกับเนื้อหา	3.79	0.61	มาก

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ข้อ	รายการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความพึงพอใจ
11	มีความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาและเวลาเรียน	4.05	0.83	มาก
12	มีความพึงพอใจโดยรวมต่อสื่อการสอนชุดนี้	3.79	0.77	มาก
รวม		**3.89**		**มาก**

จากตารางที่ 4-6 แสดงผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า พบว่า ผู้ประเมินจำนวน 19 คน มีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.89 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.57 – 0.86 เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบงานส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.16 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.81 รองลงมา คือ ความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาและเวลาเรียน มีค่าเฉลี่ย 4.05 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.83 และรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำที่สุด คือ แผนการสอนมีลำดับขั้นตอนชัดเจน มีค่าเฉลี่ย 3.68 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.57 ทั้งนี้ รายการประเมินอื่น ๆ มีค่าเฉลี่ยอยู่ในช่วง 3.74 – 4.00 ซึ่งอยู่ในระดับมากทั้งหมด แสดงให้เห็นว่าสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบการนำเสนอ และสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากผลการประเมินดังกล่าว สามารถสรุปได้ว่า สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานในระดับมาก และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในบริบทของอาชีวศึกษา

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง ปีพุทธศักราช 2567 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิชาไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา และเพื่อประเมินระดับความพึงพอใจของนักศึกษาและผู้ใช้งานสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ที่พัฒนาขึ้น โดยตั้งสมมติฐานว่า สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI ของ MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา มีประสิทธิภาพ โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในระดับมากถึงมากที่สุด และนักศึกษาและผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า อยู่ในระดับ มากถึงมากที่สุด

ผู้วิจัยได้พัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง ซึ่งประกอบไปด้วย แผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ใบเนื้อหาสำหรับครูและนักเรียน/นักศึกษา ใบงาน ใบประเมินผลการปฏิบัติงาน โปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้าที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ฟังก์ชัน GUI ของโปรแกรม MATLAB หลังจากผ่านการตรวจสอบคุณภาพของสื่อการสอนจากอาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญ พบว่า รายการประเมินส่วนใหญ่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.60 – 1.00 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ตามหลักการพัฒนาเครื่องมือวิจัยทางการศึกษา และการประเมินความเหมาะสมของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.57 ซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด จากนั้นได้นำเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 15 คน ตามกระบวนการจัดการเรียนการสอนที่ได้ดำเนินการวางแผนไว้ในแผนการจัดการเรียนรู้ และให้ผู้เรียนและคณะครู-อาจารย์ ตอบแบบสอบถามเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้สื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในกระบวนการจัดการเรียนการสอน และนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผล

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI ของ MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา มีประสิทธิภาพ โดยผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญในระดับ มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 4.57 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.00 – 0.80 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า สื่อการสอนที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีความเหมาะสมและมีคุณภาพ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ อีกทั้งเมื่อเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนของผู้เรียนจำนวน 15 คน พบว่า คะแนนก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 13.00 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 6.90 ขณะที่คะแนนหลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 29.13 คะแนน และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.96 เมื่อทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้ t-test แบบกลุ่มตัวอย่างสัมพันธ์กัน (Dependent t-test) พบว่า ค่า t = 8.64 และมีค่า Sig. = .000 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 แสดงให้เห็นว่าคะแนนหลังเรียนสูงกว่าคะแนนก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.2 นักศึกษาและผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร รายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า อยู่ในระดับ มาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.89 และมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ในช่วง 0.57 – 0.86 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5.2 อภิปรายผลของการวิจัย

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรมจำลองฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

5.2.1 ประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB

จากผลการวิจัยพบว่า สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI ของ MATLAB ที่พัฒนาขึ้นมีคุณภาพและความเหมาะสมอยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด โดยพิจารณาจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) อยู่ในช่วง 0.80–1.00 และมีค่าเฉลี่ยความเหมาะสมรวมเท่ากับ 4.57 ทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าสื่อการสอนมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนรู้และมีความเหมาะสมทั้งในด้านเนื้อหา รูปแบบ และการนำไปใช้งานจริง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับแนวคิดการพัฒนาเครื่องมือทางการศึกษาที่เน้นการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องมือมีคุณภาพและสามารถนำไปใช้ได้จริงในบริบทการจัดการเรียนการสอน นอกจากนี้ ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตติกาล สุทะ และ

ขนิษฐา หินอ่อน (2567) ที่พบว่าชุดการสอนโดยใช้ MATLAB GUI มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด และสามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ

นอกจากนี้ ผลการทดลองใช้สื่อการสอนยังพบว่า ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากลักษณะของโปรแกรม GUI MATLAB ที่ช่วยให้ผู้เรียนสามารถมองเห็นกระบวนการคำนวณได้อย่างเป็นรูปธรรม ลดความซับซ้อนของเนื้อหา และเอื้อต่อการเรียนรู้ด้วยตนเอง

ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พินิจ เนื่องภิรมย์ และคณะ (2560) ที่พบว่าโปรแกรมจำลอง GUI-MATLAB มีความเหมาะสมในระดับมาก และสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงงานวิจัยของ ไพศาล คงเรือง และสมมารถ ขำเกลี้ยง ที่รายงานว่าโปรแกรมที่พัฒนาด้วย MATLAB GUI มีความถูกต้องสูง และช่วยลดความซับซ้อนในการคำนวณและการออกแบบระบบไฟฟ้า

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและคุณภาพในระดับสูง สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนได้อย่างเหมาะสม

5.2.2 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานต่อสื่อการสอน

จากผลการวิจัยพบว่า ผู้เรียนและผู้ใช้งานมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนโดยภาพรวมอยู่ในระดับมาก โดยมีค่าเฉลี่ยรวมเท่ากับ 3.89 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ในระดับมาก ทั้งนี้สะท้อนให้เห็นว่าสื่อการสอนที่พัฒนาขึ้นสามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานได้ในด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นเนื้อหา ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ และการนำไปประยุกต์ใช้

เมื่อพิจารณารายด้าน พบว่า ใบงานสามารถส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติได้ดี ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการออกแบบกิจกรรมที่เน้นการลงมือปฏิบัติร่วมกับการใช้โปรแกรมจำลอง ทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ดียิ่งขึ้น อย่างไรก็ตาม พบว่าบางประเด็น เช่น ความชัดเจนของลำดับขั้นตอนในแผนการสอน ยังมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่ารายการอื่น ซึ่งอาจเป็นแนวทางในการปรับปรุงพัฒนาสื่อในอนาคต

ผลการวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ รัตติกาล สุทะ และขนิษฐา หินอ่อน (2567) และ พินิจ เนื่องภิรมย์ และคณะ (2560) ที่พบว่าผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อสื่อการสอนและโปรแกรมที่พัฒนาด้วย MATLAB GUI อยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด ซึ่งสะท้อนให้เห็นว่าการนำเทคโนโลยีโปรแกรมจำลองมาใช้ในการจัดการเรียนการสอนสามารถเพิ่มความน่าสนใจและประสิทธิภาพของการเรียนรู้ได้

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่าสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ที่พัฒนาขึ้นได้รับการยอมรับจากผู้ใช้งานในระดับมาก และมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในบริบทของอาชีวศึกษา

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการดำเนินการตั้งแต่เริ่มต้นจนขั้นตอนสุดท้ายของการดำเนินงาน ผู้วิจัยได้ข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้งานโปรแกรมจำลองฟังก์ชัน GUI ของ MATLAB ดังนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลไปใช้

จากผลการวิจัยพบว่า สื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB มีประสิทธิภาพและสามารถส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้น ในการนำสื่อไปใช้ในการจัดการเรียนการสอน ควรพิจารณาประเด็นดังต่อไปนี้

5.3.1.1 ควรมีการเตรียมความพร้อมของผู้เรียนก่อนใช้งานโปรแกรม เช่น การแนะนำวิธีการใช้งานโปรแกรม GUI MATLAB เบื้องต้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและเกิดประโยชน์สูงสุด

5.3.1.2 ควรจัดสรรเวลาในการเรียนการสอนให้เหมาะสม โดยเฉพาะในส่วนของการฝึกปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนมีโอกาสทดลองใช้งานโปรแกรมอย่างเพียงพอ

5.3.1.3 ควรปรับปรุงแผนการสอนให้มีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น เพื่อช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น

5.3.1.4 ควรส่งเสริมการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการคิดวิเคราะห์และการลงมือปฏิบัติร่วมกับการใช้โปรแกรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียน

5.3.1.5 ควรสนับสนุนให้มีการนำสื่อการสอนดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง เพื่อขยายผลและเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนการสอนด้านไฟฟ้า

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 ควรมีการศึกษากับกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น หรือในสถานศึกษาที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและความสามารถในการอ้างอิงผลการวิจัย

5.3.2.2 ควรพัฒนาฟังก์ชันของโปรแกรม GUI MATLAB ให้มีความหลากหลายมากยิ่งขึ้น เช่น การเพิ่มรูปแบบการคำนวณหรือการแสดงผลในลักษณะกราฟ เพื่อเพิ่มความน่าสนใจและประสิทธิภาพของสื่อ

5.3.2.3 ควรมีการศึกษาผลกระทบของสื่อการสอนในระยะยาว เช่น การคงอยู่ของความรู้ (Retention) หรือความสามารถในการนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง

5.3.2.4 ควรเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสื่อการสอนรูปแบบนี้กับวิธีการสอนรูปแบบอื่น เพื่อให้เห็นความแตกต่างและข้อดีอย่างชัดเจน

5.3.2.5 ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ที่อาจส่งผลต่อการเรียนรู้ เช่น ทักษะพื้นฐานของผู้เรียน หรือทัศนคติที่มีต่อการใช้เทคโนโลยี เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสื่อให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

กันติชา แพงโสดา และสมทรง สิทธิ. (2565). *การพัฒนาความสามารถการออกแบบสื่อสิ่งพิมพ์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง หลักการออกแบบสื่ออย่างมืออาชีพ ด้วยวิธีการสอนแบบสาธิตร่วมกับบทเรียนออนไลน์ของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง.* วารสารสถาบันวิจัยพิมลธรรม, 9(2), 27–37.

คำสิงห์ นันทะวง. (2562). *การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนแบบสาธิตร่วมกับการเรียนรู้แบบโครงงานเป็นฐาน วิชาคอมพิวเตอร์กราฟิก เพื่อส่งเสริมการสร้างผลงานสร้างสรรค์สำหรับหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ สปป. ลาว.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชัยณรงค์ วิเศษศักดิ์วิชัย และคณะ. (2561). *การสร้างฐานข้อมูลด้วยไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลสำหรับการคำนวณแรงดันตกตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ด้วยซีพลัสพลัสบิวเดอร์.* วารสารวิจัย UTK ราชมงคลกรุงเทพ, 12(2), 119–135.

ชัยยงค์ พรหมวงศ์. (2556). *การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.* วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7–20.

ธานินทร์ ศิลป์จารุ. (2557). *การวิจัยและวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย SPSS และ AMOS (พิมพ์ครั้งที่ 15).* กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนสามัญบิสซิเนสอาร์แอนด์ดี, 2557.

ชาญชัย กุศลจิตกรณ์ และคณะ. (2560). *การพัฒนา MATLAB GUI สำหรับการวินิจฉัยฟอลต์มอเตอร์เหนี่ยวนำ.* วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 27(2), 253–262.

บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด. (2564). *คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ (พิมพ์ครั้งที่ 2).* บริษัท สายไฟฟ้าไทย-ยาซากิ จำกัด.

บุญเลิศ สื่อเฉย และอาทิตย์ สิมศิริ. (2560). *การประยุกต์ใช้โปรแกรมแลปวิวสำหรับทดสอบหม้อแปลงระบบจำหน่าย.* วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต, 1(7), 63–77.

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2564). *คู่มือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า (พิมพ์ครั้งที่ 3).* บริษัท สายไฟบางกอกเคเบิ้ล จำกัด.

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2568). *การออกแบบระบบไฟฟ้า (Electrical system design) (ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 10 ตามมาตรฐาน วสท. 2564).* ห้างหุ้นส่วนจำกัด โชติอนันต์ ครีเอชั่น.

ปานจิต ดำรงกุลกำจร. (ม.ป.ป.). *การออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคาร (Electrical system design in buildings).* คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พินิจ เนื่องภิรมย์, กนกวรรณ เรืองสิริ และสมศักดิ์ อคติมะกูล. (2560). *โปรแกรมจำลองแบบ GUI-MATLAB สำหรับวิชาหลักการระบบสื่อสาร.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ภัควี หะยะมิน. (2560). *การออกแบบและพัฒนาโปรแกรมระบุเอกลักษณ์เครื่องกลไฟฟ้าสำหรับการสอนเชิงปฏิบัติการ* วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ไพศาล คงเรือง และสมมาตร ขำเกลี้ยง. (2558). *โปรแกรมออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556.* วารสารวิชาการคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 8(1), 47–58.

รัตติกาล สุทะ และขนิษฐา หินอ่อน. (2568). *การพัฒนาชุดการสอนกำลังไฟฟ้าและการปรับปรุงเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วย MATLAB GUI สำหรับนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ.* วารสารวิชาการครุศาสตร์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 16(1), 43–57.

วรวลัญช์ วงศ์ชมภู และชญาภัทร์ กี่อาริโย. (2568). การพัฒนาสื่อการสอนออนไลน์ เรื่อง รายการอาหารแลกเปลี่ยนของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ วิทยาลัยอาชีวศึกษาเสาวภา. พัฒนาเทคนิคศึกษา, 37(133), 54–62.

สมศักดิ์ สมบูรณ์. (2550). *การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกอบรม เรื่อง การออกแบบระบบควบคุมและจัดการพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอาคาร.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาไฟฟ้า, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สมศักดิ์ อรรคทิมากูล และพินิจ เนื่องภิรมย์. (2558). *การใช้งานฟังก์ชัน GUI โปรแกรม MATLAB*. กรุงเทพฯ: ,มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเหล้าพระนครเหนือ, 2558.

สุจิน สุนีย์. (2546). *ชุดฝึกอบรมการใช้คำสั่งในการสร้างภาพ 2 มิติ โดยใช้โปรแกรม AutoCAD 2002*. การค้นคว้าอิสระครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเครื่องกล, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.



ภาษาอังกฤษ

Clark, R. C., & Mayer, R. E. (2016). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning (4th ed.)*. Wiley.

Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The systematic design of instruction (8th ed.)*. Pearson.

Gravetter, F. J., & Wallnau, L. B. (2016). *Statistics for the behavioral sciences (10th ed.)*. Cengage Learning.

Gronlund, N. E., & Waugh, C. K. (2009). *Assessment of student achievement (9th ed.)*. Pearson.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning (2nd ed.)*. Cambridge University Press.

Polit, D. F., & Beck, C. T. (2006). *The content validity index: Are you sure you know what's being reported*. Research in Nursing & Health, 29(5), 489–497.

ภาคผนวก ก

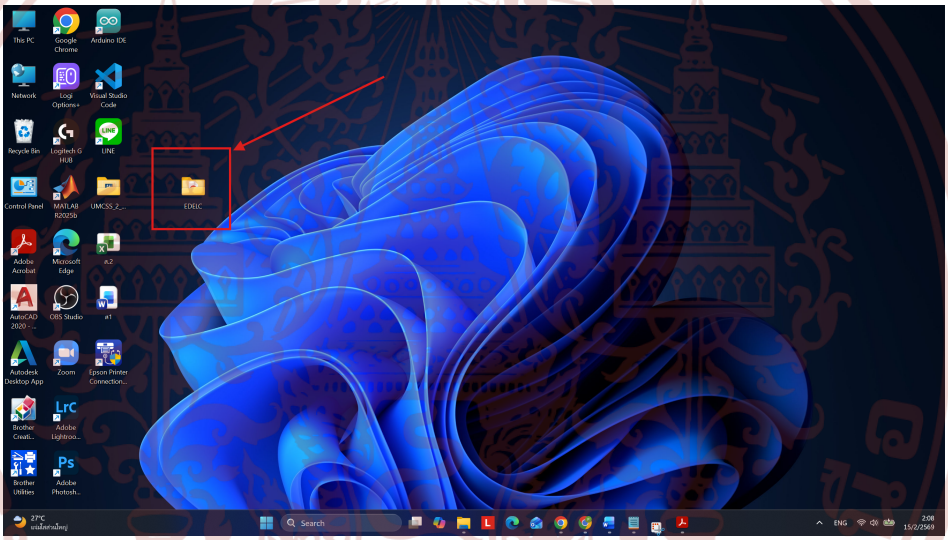
คู่มือการติดตั้งโปรแกรม EDELC (Electrical system design: Electrical load calculation.)

คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้า

คู่มือการติดตั้งโปรแกรม EDELC (Electrical system design: Electrical load calculation.)

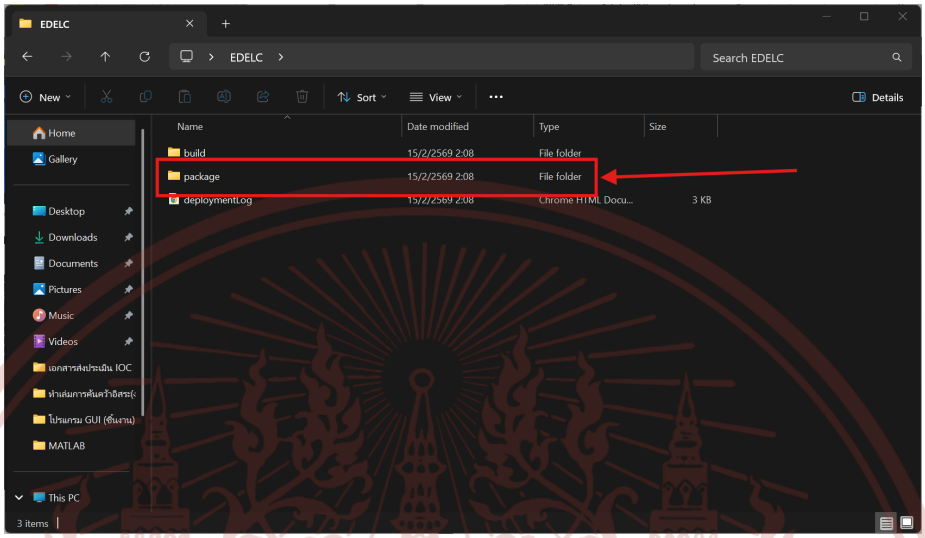
การติดตั้งโปรแกรม UMCSS เป็นการดำเนินการใช้งานบน Microsoft Windows XP ขึ้นไป ซึ่งมีลำดับขั้นตอนของการลงโปรแกรม เพื่อใช้งานดังนี้

1. นำโฟลเดอร์ EDELC ไปวางไว้ใน Desktop หรือพื้นที่ที่ต้องการจัดเก็บข้อมูล



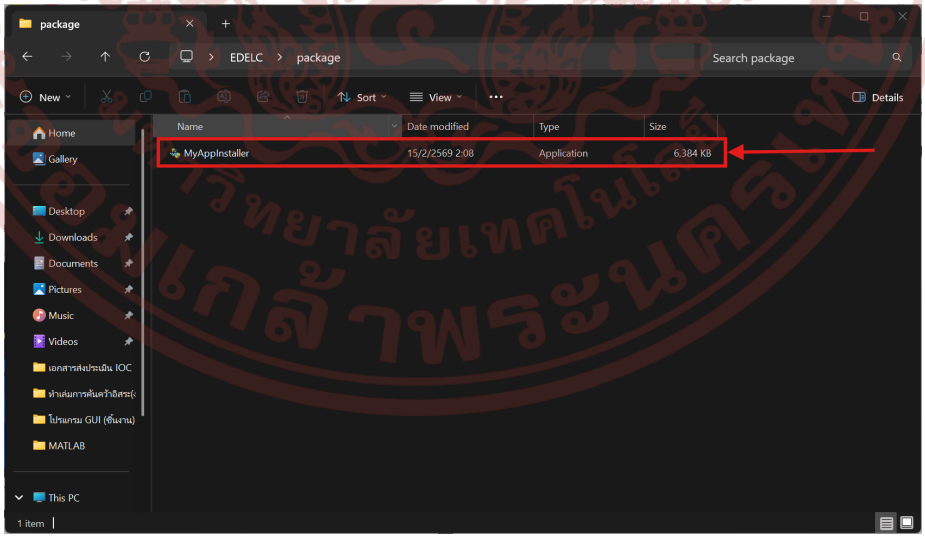
ภาพที่ ก-1 วางโฟลเดอร์ EDELC บนหน้า Desktop

2. เมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ EDELC ให้ค้นหาโฟลเดอร์ที่มีชื่อว่า “Package” แล้วดำเนินการดับเบิ้ลคลิกเข้าไปยังโฟลเดอร์



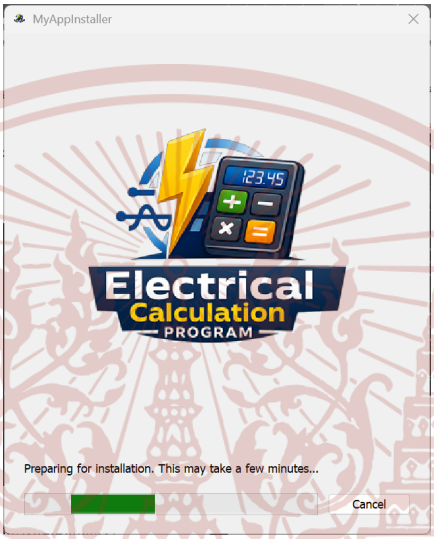
ภาพที่ ก-2 โฟลเดอร์ Package

3. เมื่อทำการเปิดโฟลเดอร์ Package แล้ว ให้ผู้ใช้งานดำเนินการดับเบิ้ลคลิกไฟล์ติดตั้งโปรแกรม “MyAppInstaller”



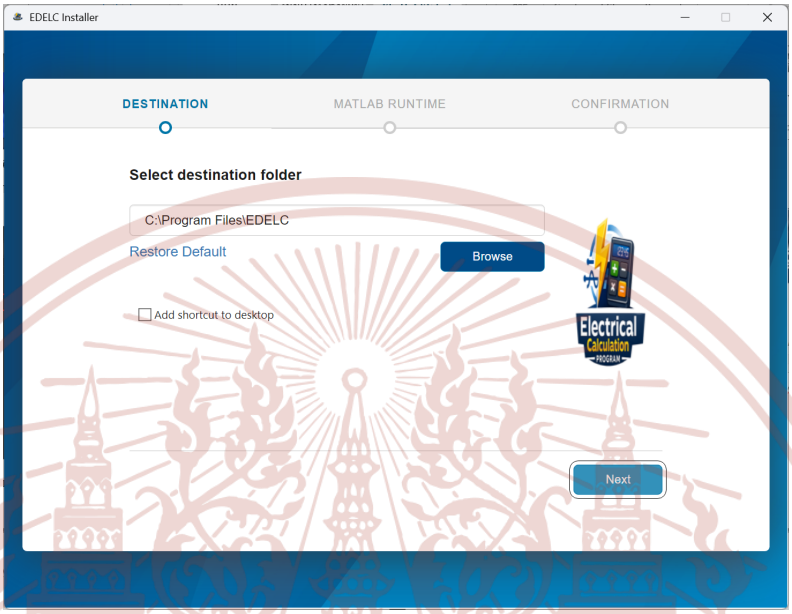
ภาพที่ ก-3 ไฟล์ติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller

4. โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างการทำงาน ดังภาพที่ ก-4



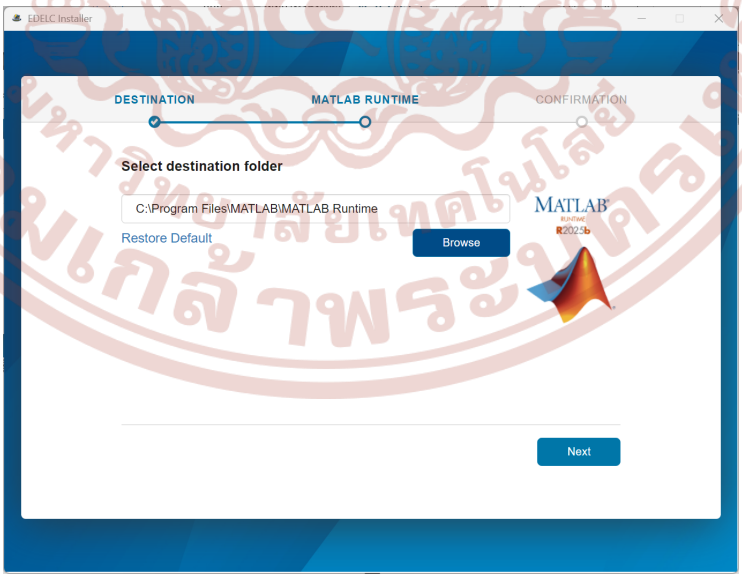
ภาพที่ ก-4 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller

5. เลือกพื้นที่จัดเก็บข้อมูลการติดตั้งโปรแกรม EDELC ดังภาพที่ ก-5 *ในขั้นตอนนี้สามารถสร้าง Shortcut ไว้ที่หน้า Desktop ได้*



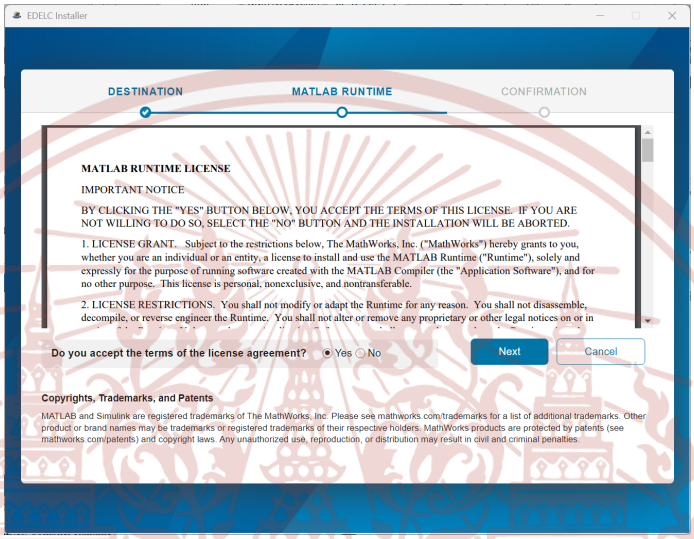
ภาพที่ ก-5 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ)

6. เลือกพื้นที่จัดเก็บข้อมูลการติดตั้ง MATLAB(R) Compiler Runtime



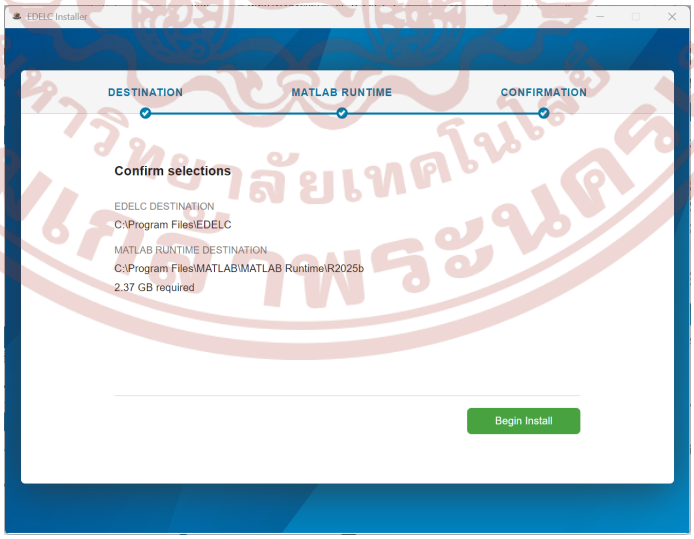
ภาพที่ ก-6 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ)

7. ยอมรับข้อตกลงและเงื่อนไขในการใช้งาน ดังภาพที่ ก-7

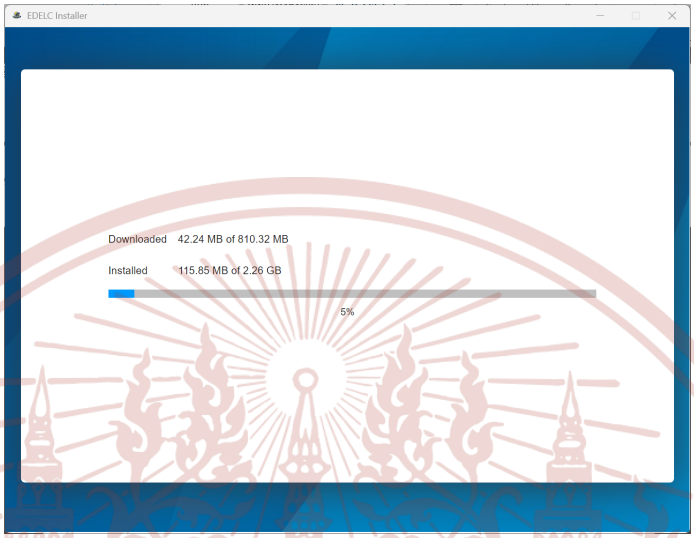


ภาพที่ ก-7 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ)

8. ทำการตรวจสอบข้อมูลและดำเนินการติดตั้งโปรแกรม EDELC ดังภาพที่ ก-8 และ ก-9

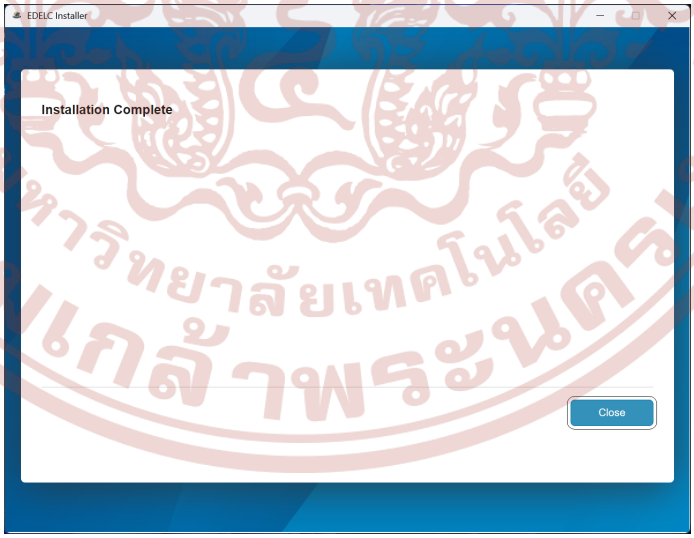


ภาพที่ ก-8 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ)



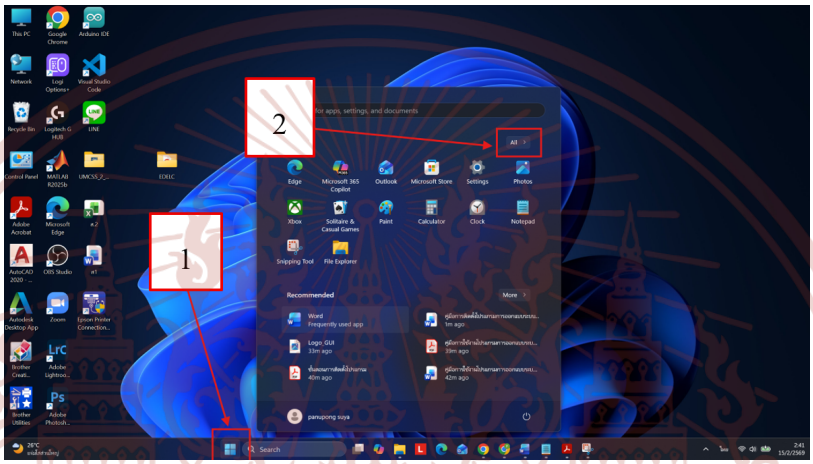
ภาพที่ ก-9 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ)

9. เสร็จสิ้นขั้นตอนการติดตั้ง ให้ผู้ใช้งานดำเนินการปิดหน้าต่างการติดตั้ง ดังภาพที่ ก-10



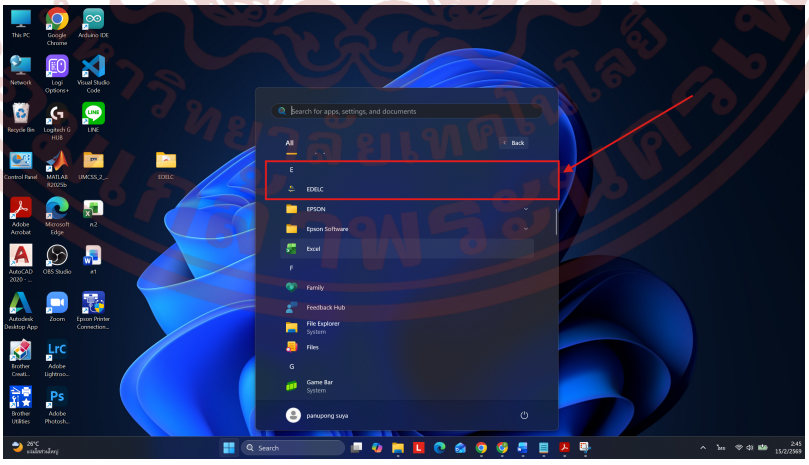
ภาพที่ ก-10 เริ่มกระบวนการติดตั้งโปรแกรม MyAppInstaller (ต่อ)

10. ตัวโปรแกรมที่ได้รับการติดตั้งจะอยู่ใน Start Menu > All ดังภาพที่ ก-11*กรณีผู้ใช้งานไม่ได้เลือกติดตั้ง Shortcut*



ภาพที่ ก-11 การเข้าใช้งานโปรแกรม EDELC

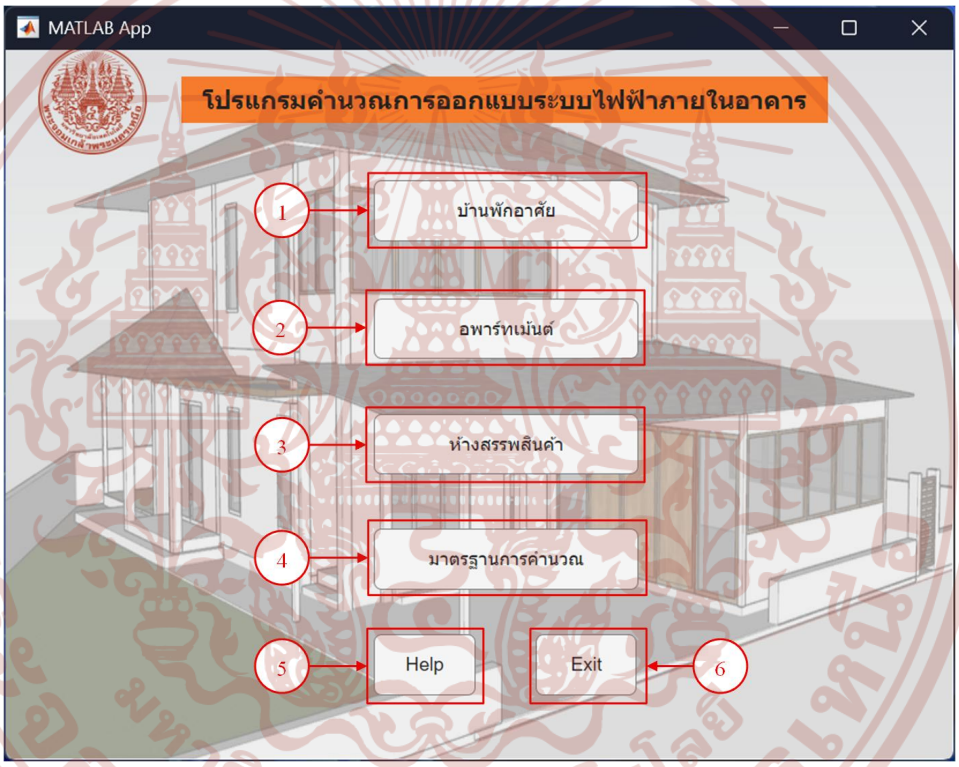
11. ตัวโปรแกรมจะอยู่ในส่วนของหมวดอักษร “E” ผู้ใช้งานสามารถเปิดโปรแกรมและเริ่มการใช้งานได้ทันที ดังภาพที่ ก-12



ภาพที่ ก-12 การเข้าใช้งานโปรแกรม EDELC (ต่อ)

คู่มือการใช้งานโปรแกรมคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้า

1. เมื่อเปิดโปรแกรม EDELC ขึ้นมาจะพบกับหน้าต่าง Main Menu และหัวข้อต่างๆ ดังภาพที่ ก-13



ภาพที่ ก-13 หน้าต่าง Menu

จากภาพที่ ก-1 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

1.1 หมายเลข 1 โจทย์การคำนวนบ้านพักอาศัย

1.2 หมายเลข 2 โจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์

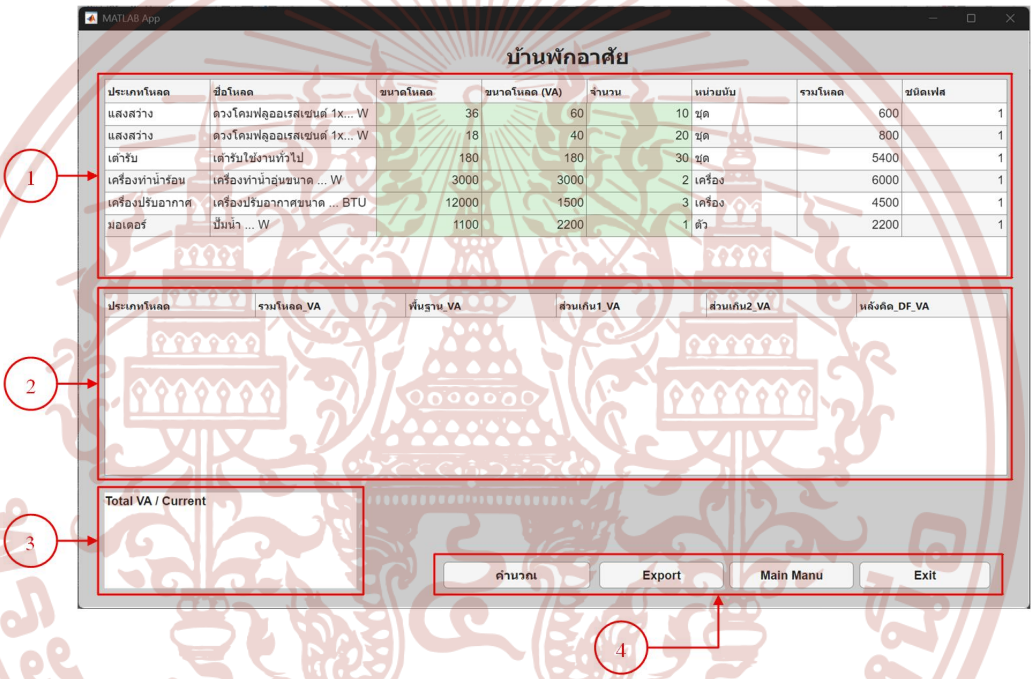
1.3 หมายเลข 3 โจทย์การคำนวนห้างสรรพสินค้า

1.4 หมายเลข 4 เอกสารประกอบการคำนวณ

1.5 หมายเลข 5 คู่มือการใช้งานโปรแกรม “Help”

1.6 หมายเลข 6 ปิดการใช้งานโปรแกรม

2. เลือกโจทย์การคำนวณที่ต้องการทดลอง ยกตัวอย่างบ้านพักอาศัย จะได้หน้าต่าง ดังภาพที่ ก-14



ภาพที่ ก-14 หน้าต่างโจทย์การคำนวณบ้านพักอาศัย

จากภาพที่ ก-14 จะสังเกตได้ว่า หน้าต่างการใช้งานโจทย์การคำนวณบ้านพักอาศัยถูกออกแบบให้แบ่งโครงสร้างการทำงานออกเป็น 4 ส่วนหลัก เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถป้อนข้อมูล ประมวลผล และแสดงผลลัพธ์ได้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน โดยในแต่ละส่วนมีหน้าที่และรูปแบบการทำงานที่แตกต่างกัน ซึ่งรายละเอียดของแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังต่อไปนี้

2.1 หมายเลข 1 พื้นที่แสดงโจทย์การคำนวณ โดยในส่วนนี้ผู้ใช้งานสามารถดำเนินการกรอกหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลภายในพื้นที่ที่กำหนดไว้ เพื่อใช้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการประมวลผลและคำนวณตามเงื่อนไขของโจทย์ที่กำหนดไว้ในโปรแกรม ทั้งนี้ข้อมูลที่ผู้ใช้งานป้อนจะถูกนำไปใช้ในการคำนวณและแสดงผลในส่วนอื่นของโปรแกรมต่อไป ดังภาพที่ ก-15

บ้านพักอาศัย

ประเภทโหลด	ชื่อโหลด	ขนาดโหลด	ขนาดโหลด (VA)	จำนวน	หน่วยนับ	รวมโหลด	ชนิดเฟส
แสงสว่าง	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x... W	36	60	10	ชุด	600	1
แสงสว่าง	ดวงโคมฟลูออเรสเซนต์ 1x... W	18	40	20	ชุด	800	1
เต้ารับ	เต้ารับใช้งานทั่วไป	180	180	30	ชุด	5400	1
เครื่องทำน้ำร้อน	เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด ... W	3000	3000	2	เครื่อง	6000	1
เครื่องปรับอากาศ	เครื่องปรับอากาศขนาด ... BTU	12000	1500	3	เครื่อง	4500	1
มอเตอร์	ปั๊มน้ำ ... W	1100	2200	1	ตัว	2200	1

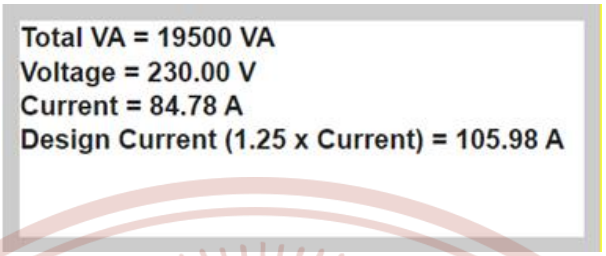
ภาพที่ ก-15 พื้นที่แสดงโจทย์การคำนวณ

2.2 หมายเลข 2 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลดแยกประเภทตามมาตรฐานที่กำหนด โดยจะแสดงค่าการคำนวณของโหลดในแต่ละประเภทตามข้อมูลที่ผู้ใช้งานได้เลือกหรือป้อนเข้าสู่ระบบ ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวถูกออกแบบให้เป็นส่วนสำหรับแสดงผลข้อมูลเท่านั้น ผู้ใช้งานไม่สามารถดำเนินการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลภายในพื้นที่นี้ได้ ดังภาพที่ ก-16

ประเภทโหลด	รวมโหลด_VA	พื้นฐาน_VA	ส่วนเกิน1_VA	ส่วนเกิน2_VA	หลังคิด_DF_VA
แสงสว่าง	1400	1400	0	0	1400
เต้ารับ	5400	5400	0	0	5400
เครื่องทำน้ำร้อน	6000	6000	0	0	6000
เครื่องปรับอากาศ	4500	4500	0	0	4500
มอเตอร์	2200	2200	0	0	2200

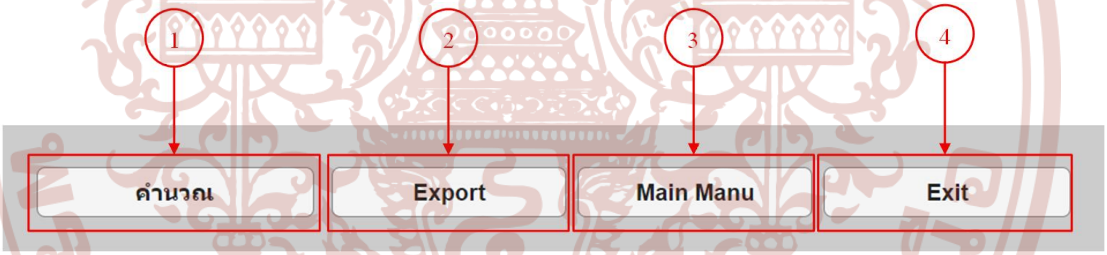
ภาพที่ ก-16 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลดแยกประเภท

2.3 หมายเลข 3 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลด โดยในส่วนนี้จะแสดงผลลัพธ์ของการคำนวณโหลดทั้งหมดตามมาตรฐานของโจทย์ที่กำหนด และตามข้อมูลที่ผู้ใช้งานได้เลือกหรือป้อนเข้าสู่ระบบ ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวถูกออกแบบให้เป็นส่วนสำหรับแสดงผลข้อมูลเพียงอย่างเดียว ผู้ใช้งานไม่สามารถดำเนินการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลภายในพื้นที่นี้ได้ ดังภาพที่ ก-17



ภาพที่ ก-17 พื้นที่แสดงผลการคำนวณโหลด

2.4 หมายเลข 4 ปุ่มควบคุมการทำงาน โดยในส่วนนี้ถูกออกแบบเพื่อใช้ในการสั่งงานและควบคุมกระบวนการทำงานต่างๆ ของระบบหรือการดำเนินการตามคำสั่งที่กำหนดไว้ภายในโปรแกรมอย่างเป็นลำดับขั้นตอน ดังภาพที่ ก-18

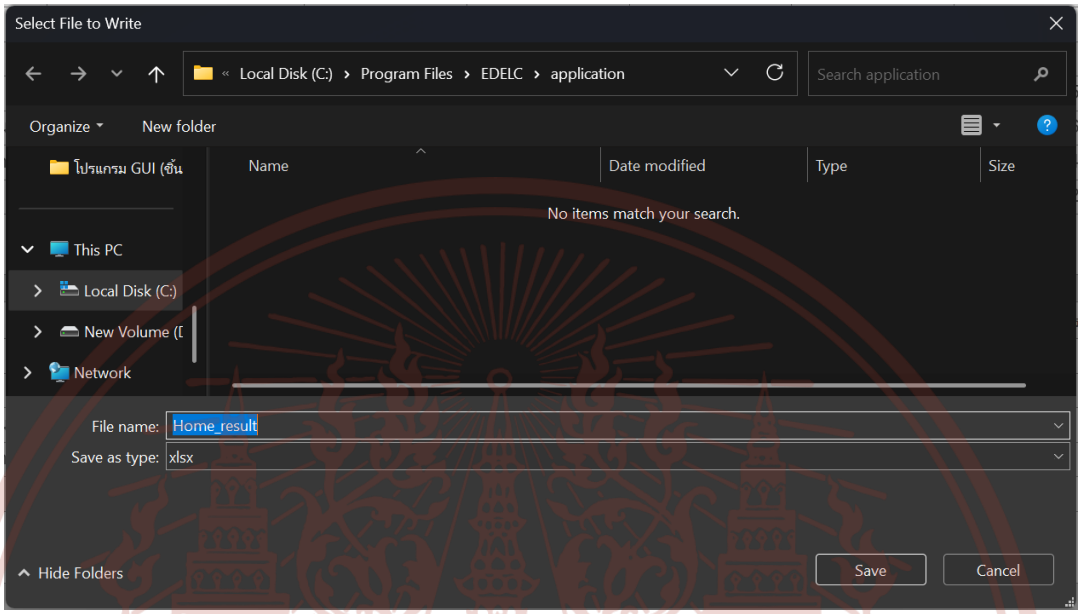


ภาพที่ ก-18 ปุ่มควบคุมการทำงาน

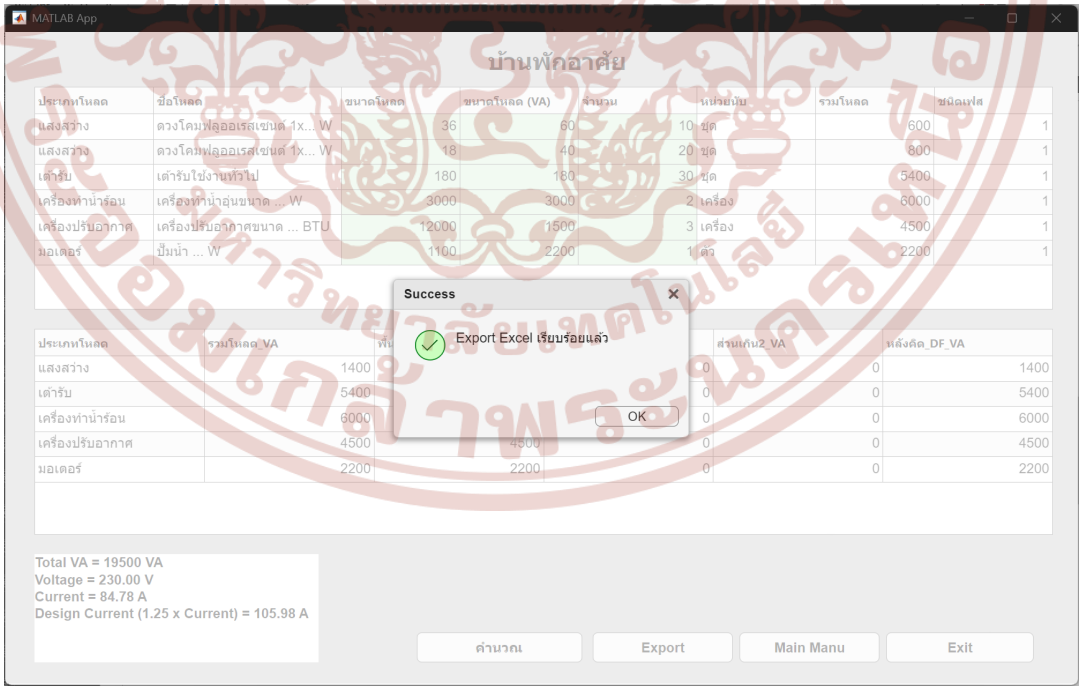
จากภาพที่ ก-18 สามารถอธิบายรายละเอียดได้ ดังนี้

2.4.1 หมายเลข 1 ปุ่ม “คำนวณ” ทำหน้าที่สั่งให้โปรแกรมทำการคำนวณโหลดตามที่โจทย์หรือผู้ใช้งานกำหนด โดยหากมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลภายในโจทย์ผู้ใช้งานต้องดำเนินการสั่ง “คำนวณ” ใหม่ทุกครั้ง

2.4.2 หมายเลข 2 ปุ่ม “Export” ทำหน้าที่ส่งออกผลการคำนวณเมื่อผู้ใช้งานต้องการบันทึกข้อมูล โดยไฟล์งานที่ได้จะเป็นไฟล์ Excel นามสกุล .xlsx และสามารถจัดเก็บในโฟลเดอร์ตามที่ผู้ใช้งานต้องการได้ ดังภาพที่ ก-19 และเมื่อสิ้นเสร็จการส่งออก หรือการดำเนินการสำเร็จโปรแกรมจะทำการแจ้งเตือนผลการส่งออก “Export Excel เรียบร้อยแล้ว” ดังภาพที่ ก-20 (ในขั้นตอนนี้ผู้ใช้งานยังคงสามารถใช้งานโปรแกรมได้ต่อเนื่องจนกว่า จะสั่งปิดโปแรกรม)



ภาพที่ ก-19 ไฟล์งานหลังการสั่ง Export

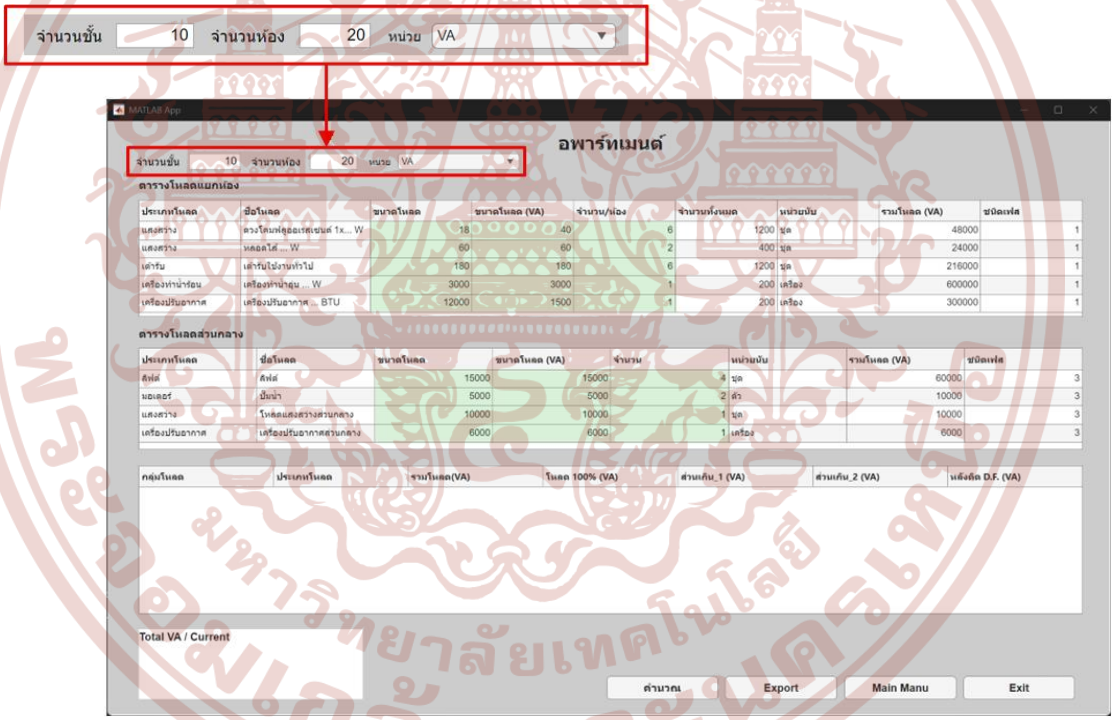


ภาพที่ ก-20 แจ้งเตือนผลการส่งออก

2.4.3 หมายเลข 3 ปุ่ม “Main Menu” ทำหน้าที่สำหรับสั่งการกลับไปยังหน้าหลักของโปรแกรม เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเลือกเมนูการทำงานอื่น ๆ หรือเริ่มต้นกระบวนการใช้งานใหม่ตามที่ต้องการ

2.4.4 หมายเลข 4 ปุ่ม “Exit” ทำหน้าที่สั่งปิดการทำงานของโปรแกรม

3. โจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์ จะมีความแตกต่างจากโจทย์อื่นๆ เพียงเล็กน้อย โดยในโจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์ จะสามารถดำเนินการเปลี่ยนแปลงข้อมูล จำนวนชั้น, จำนวนห้อง และ หน่วยที่ใช้ ได้ ดังภาพที่ ก-21



ภาพที่ ก-21 โจทย์การคำนวนอพาร์ทเม้นต์

หมายเหตุ : สูตรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณค่าภายในโปรแกรมนั้น ผู้วิจัยได้อ้างอิงตามมาตรฐานการติดตั้งไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564

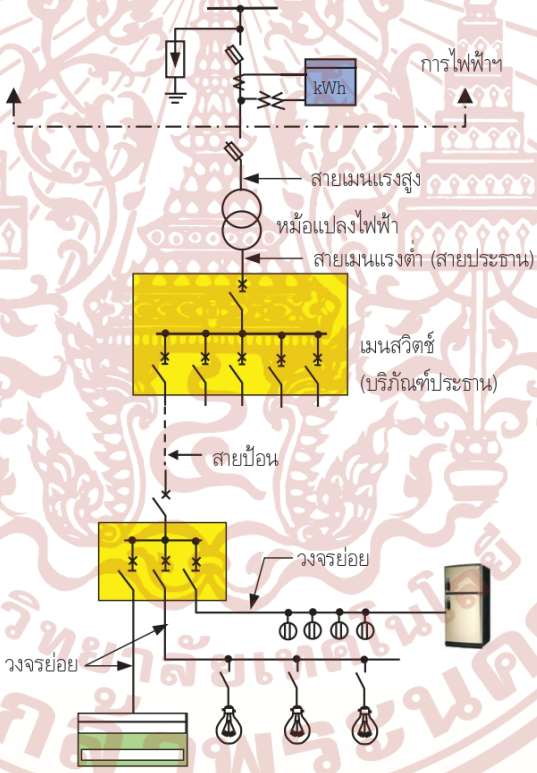
ภาคผนวก ข

คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ Yazaki (บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า)

คู่มือการติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ Yazaki (บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า)

บทที่ 5 การคำนวณโหลดทางไฟฟ้า

การคำนวณโหลดทางไฟฟ้าเป็นการคำนวณเพื่อหาปริมาณไฟฟ้าในวงจร เริ่มตั้งแต่วงจรย่อย สายป้อน และโหลดรวมของสถานที่ใช้ไฟ ซึ่งก็จะสามารถกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า รวมถึงหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย (ถ้ามี) ส่วนประกอบหลักของวงจรไฟฟ้าเป็นตามที่แสดงในรูปที่ 5.1 สำหรับโหลดที่เป็นมอเตอร์ให้ดูรายละเอียดในเรื่องมอเตอร์ไฟฟ้า



รูปที่ 5.1 วงจรการจ่ายไฟทั่วไป

วงจรย่อย หมายถึงตัวนำของวงจรระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินจุดสุดท้ายกับจุดจ่ายไฟหรือจุดใช้ไฟ ระหว่างนั้นอาจมีสวิตช์หรือ เครื่องปลดวงจร หรือเครื่องป้องกันที่ใช้เฉพาะตัวของอุปกรณ์อีกก็ได้ แบ่งตามการออกแบบทั่วไปได้ดังนี้

- วงจรย่อยแสงสว่าง
- วงจรย่อยเต้ารับ
- วงจรย่อยเฉพาะ (โหลดเฉพาะตัว)
- วงจรย่อยมอเตอร์

สายป้อน หมายถึงตัวนำของวงจรระหว่างบริภัณฑ์ประธานกับอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยตัวสุดท้าย

สายป้อนจึงทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับวงจรย่อยหรือสายป้อนด้วยกัน สายป้อนในวงจรไฟฟ้าจึงมีได้หลายช่วง

สายเมน หรือสายเมนเข้าอาคาร หรือตัวนำประธาน หมายถึงตัวนำที่ต่อระหว่างเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กับบริภัณฑ์ประธาน (ทั้งระบบแรงสูงและแรงต่ำ)

ในระบบแรงต่ำ สายเมนคือสายไฟฟ้าฯ ที่ต่อจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าไปยังเมนสวิตช์ (บริภัณฑ์ประธาน)

ในระบบแรงสูง จะรวมถึงสายเมนแรงสูงจากการไฟฟ้าฯ ไปยังหม้อแปลงไฟฟ้า และสายเมนแรงต่ำที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้าไปยังเมนสวิตช์

การคำนวณโหลดทางไฟฟ้าแบ่งได้ดังนี้

1. โหลดทั่วไป
2. โหลดอาคารชุด
3. โหลดมอเตอร์ไฟฟ้า

ในบทนี้จะกล่าวเฉพาะโหลดทั่วไป และโหลดอาคารชุด สำหรับโหลดมอเตอร์อยู่ในเรื่องมอเตอร์ไฟฟ้า

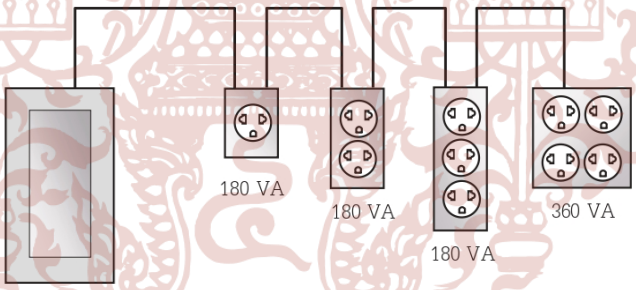
5.1 การคำนวณโหลดสำหรับทั่วไป

5.1.1 การคำนวณวงจรย่อย การคำนวณโหลดในวงจรย่อย จะแบ่งโหลดออกเป็น 3 กลุ่ม และคำนวณดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง คำนวณตามโหลดที่ติดตั้งจริงในวงจร
2. โหลดเต้ารับ แบ่งเป็น

- เต้ารับใช้งานทั่วไป หมายถึงเต้ารับที่ติดตั้งโดยทั่วไปในอาคารโดยยังไม่ทราบว่าจะใช้กับโหลดอะไร จึงเป็นการคิดโหลดเฉลี่ยคือโดยประมาณชุดละ 180 VA ทั้งเต้ารับเดี่ยว คู่ และ 3 เต้า สำหรับเต้ารับชนิด 4 เต้า คิดโหลดชุดละ 360 VA (รูปที่ 5.2)

- เต้ารับที่ทราบโหลดแน่นอนแล้ว เช่น เต้ารับสำหรับเครื่องซักผ้า หม้อหุงข้าว และตู้เย็น เป็นต้น ให้ใช้ขนาดโหลดตามขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น



รูปที่ 5.2 โหลดของเต้ารับใช้งานทั่วไป

3. โหลดอื่น ๆ คิดโหลดที่ต่อใช้งานอย่างถาวรจากวงจรนั้น เช่น เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องปรับอากาศ และเครื่องจักร เป็นต้น ขนาดโหลดคิดตามขนาดเครื่องใช้ไฟฟ้านั้น

ขนาดของวงจรย่อยกำหนดเป็น ampere แต่ในการคำนวณจะนิยมทำเป็น VA เพื่อความสะดวกในการรวมโหลดเข้าด้วยกัน ดังนี้

ระบบไฟฟ้า 1 เฟส 2 สาย แรงดัน 230 V

$$VA = V \times I$$

ระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย แรงดัน 230/400 V

$$VA = \sqrt{3}V \times I$$

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย ต้องไม่ต่ำกว่าผลรวมของโหลดที่คำนวณได้

เครื่องป้องกันกระแสเกินที่นิยมใช้คือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดของวงจรย่อยไฟฟ้าแสงสว่างที่นิยมใช้และเป็นไปตามขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ตาม IEC ได้แก่ 16, 20, 25, 32, 40, 50 A ขนาดที่ใหญ่กว่านี้จะใช้กับโหลดเฉพาะตัว

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย และไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 5.1 วงจรย่อยแสงสว่างวงจรหนึ่งจ่ายไฟให้หลอด fluorescent กำหนดให้กระแสหลอดละ 0.4 A จำนวน 10 หลอด ต้องการกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า กำหนดให้สายไฟฟ้าเป็นชนิด IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

วิธีทำ

โหลดแสงสว่าง $= 10 \times 0.4 = 4$ A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16 A

ตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A) สาย IEC 01 เดินร้อยท่อเกาะผนังขนาด 2.5 ตร.มม. (21 A)

หมายเหตุ *สามารถใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เล็กกว่า 16 A ก็ได้ แต่เนื่องจากขนาดสายไฟฟ้าตามข้อกำหนดของวงจรย่อยต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. การใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เล็กกว่านี้จึงไม่มีผลให้สายไฟฟ้าเล็กลงได้ จึงเลือกใช้ขนาด 16 A ซึ่งมีข้อดีที่จะมีสำรองไว้สำหรับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้ด้วย*

3. การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วของวงจรย่อย เป็นการติดตั้งเพื่อป้องกันอันตรายต่อบุคคลจากไฟฟ้าดูด ดังนี้

(1) เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัยและที่คล้ายคลึงกัน วงจรย่อยต่อไปนี้นอกจากมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าแล้ว ต้องมีการป้องกันโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่ว ขนาด I_{Δ_n} ไม่เกิน 30 mA เพิ่มเติมด้วย ได้แก่

- วงจรเต้ารับในบริเวณห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ โรงจอดรถยนต์ ห้องครัว ห้องใต้ดิน
- วงจรเต้ารับในบริเวณ อ่างล้างชาม อ่างล้างมือ (บริเวณพื้นที่เคาน์เตอร์ ที่มีการติดตั้งเต้ารับภายในระยะ 1.5 เมตร ห่างจากขอบด้านนอกของอ่าง)
- วงจรไฟฟ้าเพื่อใช้จ่ายภายนอกอาคาร และบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลสัมผัสได้ทุกวงจร
- วงจรเต้ารับในบริเวณชั้นล่าง (ชั้น 1) รวมถึงในบริเวณที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน
- วงจรย่อยสำหรับ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน อ่างอาบน้ำ

หมายเหตุ *ตำแหน่งที่บุคคลสัมผัสได้ หมายถึงอยู่ห่างจากพื้นหรือโลหะที่ต่อลงดินไม่เกิน 2.4 ม. ในแนวดิ่ง หรือ 1.5 ม. ในแนวระดับ และบุคคลสามารถเข้าถึงได้โดยไม่ตั้งใจ*

(2) เครื่องตัดไฟรั่วในสถานประกอบการที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย วงจรย่อยต่อไปนี้นอกจากมีสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้าแล้ว ต้องมีการป้องกันโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่ว ขนาด I_{Δ_n} ไม่เกิน 30 mA เพิ่มเติมด้วย ได้แก่

- วงจรย่อยสำหรับสระหรืออ่างกายภาพบำบัด ธาราบำบัด อ่างน้ำแร่ (spa) อ่างน้ำร้อน (hot tub) อ่างนวดตัว และบริภัณฑ์อื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน
- วงจรย่อยสำหรับ เครื่องทำน้ำอุ่น เครื่องทำน้ำร้อน เครื่องทำน้ำเย็น เครื่องทำน้ำแข็ง ตู้แช่ เครื่องซักผ้า และบริภัณฑ์อื่น ๆ ที่คล้ายคลึงกัน
- วงจรย่อยสำหรับเต้ารับ ในบริเวณต่อไปนี้
  (1) ห้องน้ำ ห้องอาบน้ำ ห้องครัว
  (2) สถานที่ทำงานก่อสร้าง ซ่อมบำรุง บนดาดฟ้า อู่ซ่อมรถ

(3) ท่าจอดเรือ โป๊ะจอดเรือ สะพานปลาที่ทำการเกษตร พืชสวนและปศุสัตว์

(4) การแสดงเพื่อการพักผ่อนในที่สาธารณะกลางแจ้ง

(5) งานแสดงหรืองานขายสินค้า ตลาดและที่คล้ายคลึงกัน

(6) วงจรเต้ารับที่อยู่ชั้นล่าง (ชั้น 1) ชั้นใต้ดิน รวมถึงวงจรเต้ารับที่อยู่ต่ำกว่าระดับผิวดิน

- วงจรไฟฟ้าเพื่อใช้จ่ายไฟภายนอกอาคาร และบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่อยู่ในตำแหน่งที่บุคคลสัมผัสได้ทุกวงจร ตัวอย่าง ตู้ ATM ตู้ซักผ้าหยอดเหรียญ เป็นต้น

5.1.2 การคำนวณสายป้อน เป็นการคำนวณโหลดทั้งหมดที่ต่อใช้งานในสายป้อนนั้น แต่เนื่องจากการใช้ไฟฟ้าอาจไม่พร้อมกัน ดังนั้นในการคำนวณจึงอนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ได้ตามที่กำหนดในตารางที่ 5.1 ถึง 5.3 (ผู้ออกแบบอาจเลือกไม่ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ก็ได้)

เต้ารับอื่นที่ไม่ใช่เต้ารับใช้งานทั่วไปตามตารางที่ 5.2 ให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40% ของโหลดเต้ารับที่เหลือ

โหลดอื่นนอกเหนือจากที่กำหนดในตาราง ผู้ออกแบบสามารถกำหนดได้ตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริง

เพื่อความสะดวกในการคำนวณ จะรวมโหลดประเภทที่ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์เดียวกันไว้ด้วยกัน เมื่อปรับด้วยดีมานด์แฟกเตอร์แล้วจึงนำมารวมกัน

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน ต้องไม่ต่ำกว่าผลรวมของโหลดที่คำนวณได้เมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว สำหรับโหลดอื่นดีมานด์แฟกเตอร์กำหนดตามสภาพการใช้งาน

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า

(1) สายเส้นไฟ สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

(2) สายนิวทรัล ในระบบ 3 เฟส 4 สาย สายนิวทรัลจะต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะสามารถนำกระแสได้ และมีขนาดไม่เล็กกว่าสายดินของวงจรนั้น (การกำหนดขนาดสายดิน ดูเรื่องการต่อลงดิน)

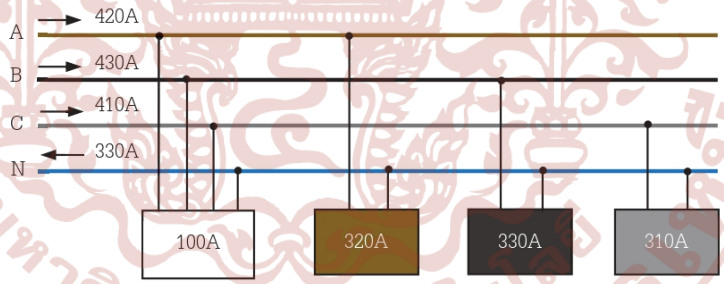
กระแสที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัลคิดจากโหลด 1 เฟสของวงจร เลือกเฟสที่มากที่สุดเป็นกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุด และดำเนินการดังนี้

(1) กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 A ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

(2) กรณีกระแสโหลดไม่สมดุลสูงสุดเกิน 200 A ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่า 200 A + 70% ของส่วนที่เกิน 200 A

(3) ถ้าโหลดไม่สมดุลเป็นประเภทหลอดดีสชาร์จ เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ หรือหลอดฮาโลเจน อุปกรณ์ประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ หรืออุปกรณ์อื่นที่ทำให้มีกระแสฮาร์มอนิกส์ไหลในสายนิวทรัล สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าโหลดไม่สมดุลนั้น

หมายเหตุ *ในบางวงจรอาจมีกระแสไหลในสายนิวทรัลสูงกว่าสายเส้นไฟได้ เช่น ใน data center เป็นต้น กรณีนี้สายนิวทรัลอาจมีขนาดใหญ่กว่าสายเส้นไฟได้*



รูปที่ 5.3 แสดงกระแสสูงสุดที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัล
(ใช้เพื่อการกำหนดขนาดสายนิวทรัล)

จากรูปที่ 5.3 เป็นกระแสรวมของโหลด 3 เฟส และ 1 เฟส ของแต่ละเฟส กระแสสูงสุดที่คาดว่าจะไหลในสายนิวทรัลคิดจากโหลด 1 เฟส เลือกเฟสที่มากที่สุดคือ 330 A สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 330 A แต่ถ้าโหลดไม่ใช่โหลดที่มีกระแสฮาร์มอนิกส์ ขนาดกระแสของสายนิวทรัลสามารถลดลงได้ ดังนี้

ขนาดกระแสของสายนิวทรัลต้องไม่ต่ำกว่า 200 A + 70% ของส่วนที่เกิน 200 A

ขนาดกระแสของสายนิวทรัล $\geq 200 + (0.7 \times 130) \geq 291$ A

ตารางที่ 5.1 ดีมานด์แฟกเตอร์ของโหลดแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (%)
ที่พักอาศัย	ไม่เกิน 3,000 เกิน 3,000 แต่ไม่เกิน 120,000 ส่วนที่เกิน 120,000	100 35 25
โรงแรม รวมถึง ห้องชุดที่ไม่มีส่วนให้ผู้อยู่อาศัยประกอบอาหารได้ *	ไม่เกิน 20,000 เกิน 20,000 แต่ไม่เกิน 100,000 ส่วนที่เกิน 100,000	60 50 35
โรงเก็บพัสดุ	ไม่เกิน 12,500 ส่วนที่เกิน 12,500	100 50
อาคารประเภทอื่น	ทุกขนาด	100

หมายเหตุ ** ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางนี้ ห้ามใช้สำหรับโหลดแสงสว่างในสถานที่บางแห่งของโรงแรม ซึ่งบางขณะจำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าแสงสว่างพร้อมกัน เช่น ห้องอาหารหรือห้องโถง เป็นต้น*

ตารางที่ 5.2 ดีมานด์แฟกเตอร์ของโหลดเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

โหลดของเต้ารับรวม (คิดโหลดเต้ารับละ 180 VA)	ดีมานด์แฟกเตอร์ (%)
10 kVA แรก	100
ส่วนที่เกิน 10 kVA	50

ตารางที่ 5.3 ดีมานด์แฟกเตอร์ของโหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 A + ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 A
	เครื่องทำน้ำร้อน (หรือน้ำอุ่น)	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100%
2. อาคารสำนักงาน และร้านค้า รวมถึง ห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + 80% ของตัวใหญ่รองลงมา + 60% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำความร้อน	100% ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + 25% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100%
3. โรงแรม และอาคาร ประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	เหมือนข้อ 2
	เครื่องทำความร้อน	เหมือนข้อ 2
	เครื่องปรับอากาศประเภท แยกแต่ละห้อง	75%

ตัวอย่างที่ 5.2 สายป้อน 1 เฟส 2 สาย วงจรหนึ่งของอาคารที่พักอาศัย ประกอบด้วยโหลดตามที่แสดงในรูปข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายไฟฟ้า กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

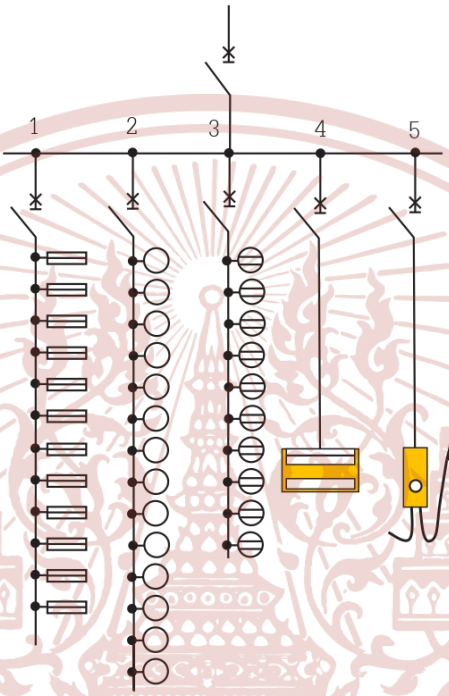
วงจรที่ 1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาดชุดละ 2×40 วัตต์ กระแสชุดละ 0.4 A จำนวน 12 ชุด

วงจรที่ 2 หลอด LED กระแสชุดละ 0.1 A จำนวน 14 หลอด

วงจรที่ 3 เต้ารับใช้งานทั่วไป จำนวน 10 ชุด

วงจรที่ 4 เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 Btu, 1.5 kVA

วงจรที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 3.3 kW



วิธีทำ

วงจรย่อยที่ 1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ โหลด = 0.4 × 12 × 230 = 1,104 VA

วงจรย่อยที่ 2 หลอด LED โหลด = 0.1 × 14 × 230 = 322 A

วงจรย่อยที่ 3 เต้าจับใช้งานทั่วไป โหลด = 180 × 10 = 1,800 VA

วงจรย่อยที่ 4 เครื่องปรับอากาศ โหลด = 1,500 VA

วงจรย่อยที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่น โหลด = 3.3 kW = 3,300 VA

หาโหลดรวม (แบ่งโหลดเป็นกลุ่มและใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามที่กำหนดข้างต้น)

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.1

ไฟฟ้าแสงสว่าง = 1,104 + 322 = 1,426 VA

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 1,426 VA (ไม่เกิน 3,000 VA คิด 100%)

2. เต้ารับใช้งานทั่วไป

ดีมานด์แฟกเตอร์ 100% (ตารางที่ 5.2 ใช้สำหรับสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 1,800 VA

3. เครื่องปรับอากาศ

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 1,500 VA

4. เครื่องทำน้ำอุ่น

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 3,300 VA

โหลดรวม = 1,426 + 1,800 + 1,500 + 3,300 = 8,026 VA

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $\frac{8026}{230}$ = 34.9 A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 40 A

ตารางที่ 5-20, สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 40 A ใช้สาย IEC 01 ขนาด 10 ตร.มม. (50 A) เดินร้อยท่อเกาะผนัง

5.1.3 การคำนวณโหลดรวม เป็นการคำนวณหาโหลดทั้งหมดของอาคาร (หรือหม้อแปลง) การคำนวณดำเนินการเหมือนกับการคำนวณสายป้อนรวมทั้งใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตารางเดียวกัน โหลดที่คำนวณได้จะนำไปกำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของการไฟฟ้าฯ กรณีที่โหลดมากกว่าที่การไฟฟ้าฯ จะจ่ายด้วยไฟแรงต่ำได้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าเอง

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินกำหนดจากขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าตามตารางที่ 5.4 (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง) หรือตารางที่ 5.5 (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ตารางที่ 5.4 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุด ตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	โหลดสูงสุด (A)
5 (15)	16	10
15 (45)	50	30
30 (100)	100	75
50 (150)	125	100
200	200	150
	250	200
400	300	250
	400	300
	500	400

หมายเหตุ *พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินมีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้*

ตารางที่ 5.5 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์ สำหรับตัวนำประธาน (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	ขนาดตัวนำประธานเล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้ (ตร.มม.)		บริภัณฑ์ประธาน				
			เซฟตีสวิตช์หรือโหลดเบรกสวิตช์		คัตเอาต์ใช้ร่วมกับคาร์ทริดจ์ฟิวส์		เซอร์กิตเบรกเกอร์
	สายอะลูมิเนียม	สายทองแดง	ขนาดสวิตช์ต่ำสุด (A)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (A)	ขนาดคัตเตอร์ต่ำสุด (A)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (A)	ขนาดปรับตั้งสูงสุด (A)
5 (15), 1P	10	4	30	16	20	16	16
15 (45) 1P, 3P	25	10	60	50	-	-	50
30 (100) 1P, 3P	50	35	100	100	-	-	100
5(100) 1P, 3P	10	4	30	16	20	16	16
	25	10	60	50	-	-	50
	50	35	100	100	-	-	100
200 3P (ประกอบ CT แรงต่ำ)	50	35	-	-	-	-	125
	70	50	-	-	-	-	160
	95	70	-	-	-	-	200

หมายเหตุ *1) สำหรับตัวนำประธานภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง*

2) ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากวิธีเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประธานตามบทที่ 3 แต่ทั้งนี้ ขนาดตัวนำประธานต้องรับกระแสไม่น้อยกว่าขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตาราง

3) เครื่องวัดฯ ขนาด 5(15), 15(45) และ 30(100) A เป็นเครื่องวัดฯ ชนิดจานหมุน

4) เครื่องวัดฯ ขนาด 5(100) A และ 200 ประกอบ CT แรงต่ำ เป็นเครื่องวัดฯ ชนิดอิเล็กทรอนิกส์

5) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P มหายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

6) ขนาดตัวนำประธานตามตารางยังไม่ได้พิจารณาผลจากแรงดันตก

7) ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์ สำหรับตัวนำประธานให้อ้างอิงกับมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

กรณีที่ต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินจะกำหนดตามขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าคือไม่เกิน 1.0 เท่าของกระแสไฟฟ้าด้านแรงต่ำของหม้อแปลง (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า)

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า ปกติคือสายเมน (ตัวนำประธาน) แบ่งเป็นระบบแรงต่ำและแรงสูง

(1) สายเส้นไฟ ในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวง สายเมนในระบบแรงต่ำต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน และต้องไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. สำหรับระบบสายอากาศ และไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม. สำหรับระบบสายใต้ดิน

ในพื้นที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคขนาดสายเมนเป็นไปตามตารางที่ 5.5 และอนุญาตให้ใช้สายอะลูมิเนียมได้

สายเมนแรงต่ำกรณีรับไฟแรงสูงและมีหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดสายเมนเป็นไปตามที่กำหนดในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า

(2) สายนิวทรัล ขนาดสายนิวทรัลในระบบ 3 เฟส 4 สาย ต้องเป็นไปตามข้อกำหนดทุกข้อ ต่อไปนี้

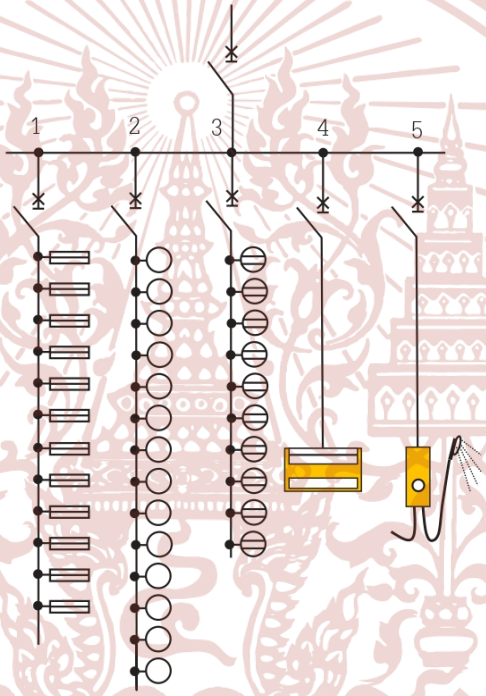
(1) มีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่จะไหลในสายนิวทรัลได้ เช่นเดียวกับของสายป้อน

(2) มีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดิน ตามเรื่องการต่อลงดิน

(3) มีขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายเมนเส้นเฟส กรณีเส้นเฟสมีหลายเส้นควบกันการคิดพื้นที่หน้าตัดให้รวมสายทุกเส้นของเฟสเดียวกันเข้าด้วยกัน

หมายเหตุ *กรณีเดินสายควบ จำนวนสายนิวทรัลควรเท่ากับจำนวนสายควบของแต่ละเฟส เพื่อให้สามารถจัดกลุ่มได้ถูกต้องเหมาะสม คือในแต่ละกลุ่มต้องมีสายครบทุกเฟสรวมทั้งสายนิวทรัลด้วย*

ตัวอย่างที่ 5.3 บ้านพักอาศัยหลังหนึ่งในพื้นที่การไฟฟ้านครหลวง ประกอบโหลดตามที่แสดงข้างล่าง ต้องการกำหนดขนาดเครื่องวัดฯ เมนสวิตช์ และขนาดสายเมน กำหนดให้สายไฟฟ้าเป็นชนิด IEC 01 เดินลอยในอากาศ



วิธีทำ

วงจรที่ 1 หลอดฟลูออเรสเซนต์ โหลด	= 0.4 × 12 × 230	= 1,104 VA
วงจรที่ 2 หลอด LED โหลด	= 0.1 × 14 × 230	= 322 A
วงจรที่ 3 เต้ารับใช้งานทั่วไป โหลด	= 180 × 10	= 1,800 VA
วงจรที่ 4 เครื่องปรับอากาศ โหลด	= 6 × 230	= 1,380 VA
วงจรที่ 5 เครื่องทำน้ำอุ่น โหลด	= 3.3 kW	= 3,300 VA

หาโหลดรวม

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.1

ไฟฟ้าแสงสว่าง = 1,104 + 322 = 1,426 VA

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 1,426 VA (ไม่เกิน 3,000 VA คิด 100%)

2. เต้ารับใช้งานทั่วไป

ดีมานด์แฟกเตอร์ 100% (ตารางที่ 5.2 ใช้สำหรับสถานที่ไม่ใช้ที่อยู่อาศัย)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 1,800 VA

3. เครื่องปรับอากาศ

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 1,380 VA

4. เครื่องทำน้ำอุ่น

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (100%)

โหลดเมื่อคิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 3,300 VA

โหลดรวม = 1,426 + 1,800 + 1,380 + 3,300 = 7,906 VA

กระแสโหลด = 7,906/230 = 34.4 A

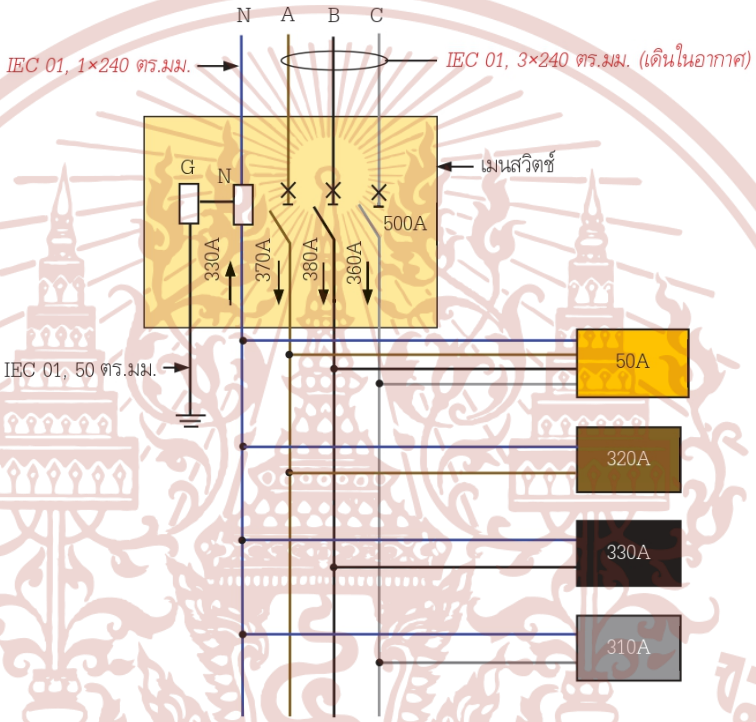
ตารางที่ 5.4 ได้เครื่องวัดขนาด 30(100) A

เมนสวิตช์, ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ไม่เกิน 100 A

ตารางที่ 5-22 (ภาคผนวก A) ขนาดสายเมน เลือกจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ 100 A ได้ IEC 01 ขนาด 25 ตร.มม. (113 A)

หมายเหตุ *หรือเลือกเมนสวิตช์ขนาดไม่เล็กกว่า 1.25 เท่าของกระแสโหลดคือ* $\geq 1.25 \times 34.4 \geq 43$ *A เลือกเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 63 A ก็ได้ ซึ่งขนาดสายเมนจะเล็กลงมีข้อดีที่ประหยัดกว่า แต่ถ้าใช้เมนสวิตช์ขนาด 100 A จะมีข้อดีตรงที่จะมีเหลือเผื่อไว้สำหรับการเพิ่มโหลดในอนาคตได้อีก*

ตัวอย่างที่ 5.4 อาคารสำนักงานแห่งหนึ่งมีโหลดรวมของอาคารที่คิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว ตามที่แสดงในวงจร ต้องการกำหนดขนาดสายเมน กำหนดให้โหลดของวงจรเป็นชนิดที่มีฮาร์มอนิกส์



วิธีทำ

ขนาดสายเมน ตารางที่ 5-22 (ภาคผนวก A) เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 500 A สายเมนเดินในอากาศ

สายเส้นเฟส ได้สาย IEC 01 ขนาด 300 ตร.มม. (573 A)

ขนาดสายนิวทรัล จากข้อกำหนดการกำหนดเรื่องการกำหนดขนาดสาย เป็นดังนี้

เงื่อนไขที่ 1 มีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่จะไหลในสายนิวทรัลได้ (โหลดมีฮาร์มอนิกส์) สายนิวทรัลต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่า 330 A

ตารางที่ 5-22 ได้สาย IEC 01 ขนาด 150 ตร.มม. (365 A)

เงื่อนไขที่ 2 มีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายต่อหลักดิน ตามเรื่องการต่อลงดิน ตารางที่ 4-1 ขนาดสายเมน 300 ตร.มม. ได้สายต่อหลักดิน ขนาด 50 ตร.มม. สายนิวทรัลต้องไม่เล็กกว่า 50 ตร.มม.

เงื่อนไขที่ 3 ขนาดพื้นที่หน้าตัดไม่เล็กกว่า 12.5% ของสายเมนเส้นเฟส คือต้องไม่เล็กกว่า 12.5% ของ 300 ตร.มม. $\geq$ 12.5 × 300/100 $\geq$ 37.5 ตร.มม. (ใช้สายขนาด 50 ตร.มม.)

ขนาดสายนิวทรัล พิจารณาจากทั้ง 3 เงื่อนไข เลือกขนาดใหญ่สุดคือ 150 ตร.มม.

สรุป ขนาดสายเมนคือ IEC 01, ขนาด 3×300 ตร.มม., N 1×150 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 5.5 ต้องการกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าของโรงงานอุตสาหกรรมแห่งหนึ่ง จากแบบไฟฟ้ามีโหลดที่ยังไม่คิดดีมานด์แฟกเตอร์ ดังนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง รวม 40 kVA
2. เต้ารับใช้งานทั่วไป รวม 12 kVA
3. เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้องรวม 25 kVA
4. เครื่องจักร รวม 350 kVA (กำหนดให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 80%)

วิธีทำ

1. ไฟฟ้าแสงสว่าง

   ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.1 อาคารประเภทอื่น (100%) = 40 kVA

2. เต้ารับใช้งานทั่วไป

   ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.2 = (10 + (2 × 0.5) = 11 kVA

3. เครื่องปรับอากาศ

   ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.3 (75%) = 25 × 0.75 = 18.75 kVA

4. เครื่องจักร

   ดีมานด์แฟกเตอร์ 80% = 350 × 0.8 = 280 kVA

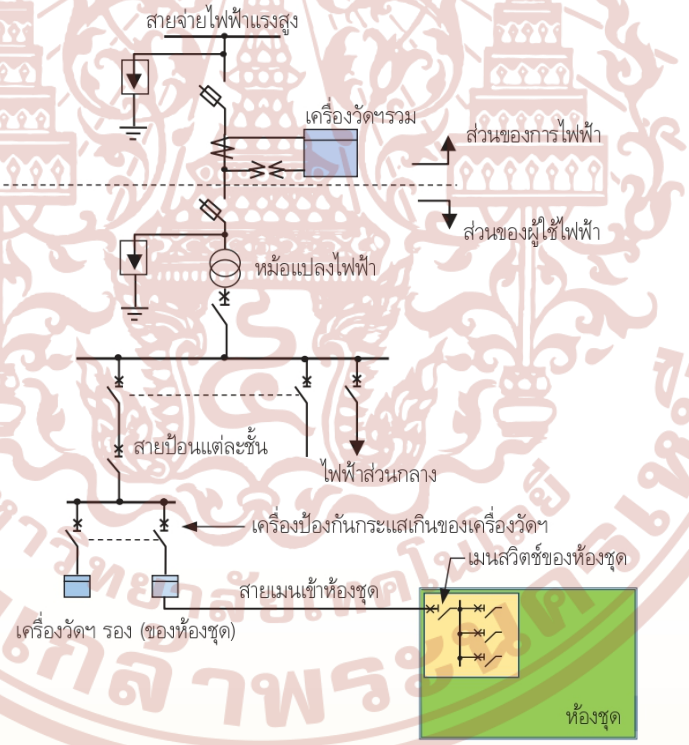
โหลดรวม = 40 + 11 + 18.75 + 280 = 349.75 kVA

เลือกใช้หม้อแปลงขนาด 400 kVA

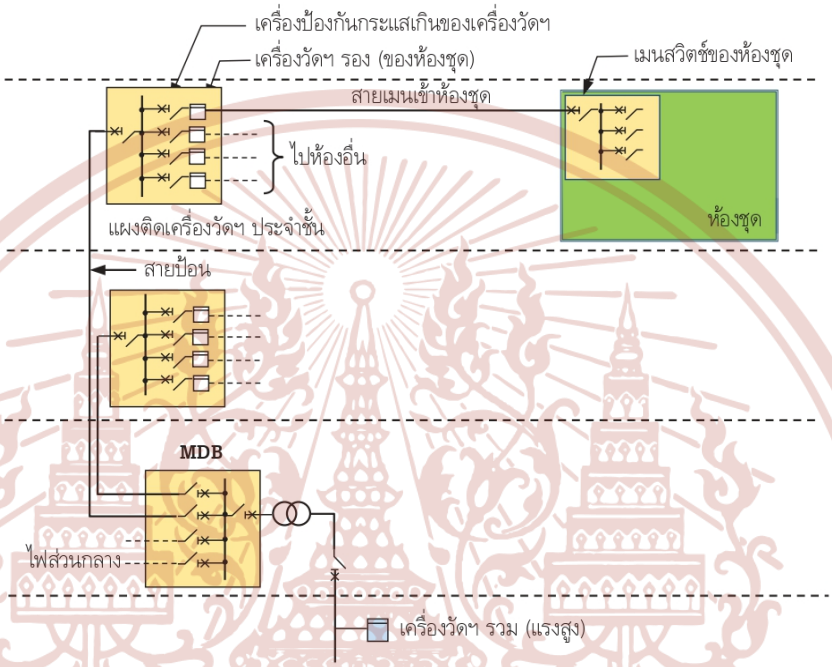
5.2 การคำนวณโหลดสำหรับอาคารชุด

อาคารชุดเป็นอาคารที่มีระบบการจ่ายไฟต่างจากอาคารทั่วไปเนื่องจากแต่ละห้องชุดจะมีผู้ถือกรรมสิทธิ์แยกจากกัน และมีทรัพย์สินส่วนกลางที่เป็นกรรมสิทธิ์ร่วม จึงต้องมีการติดตั้งเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าสำหรับคิดค่าไฟแต่ละห้องชุดและเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้ารวมเพื่อวัดการใช้ไฟทั้งหมดของอาคาร ตัวอย่างวงจรการจ่ายไฟเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 5.4 และ 5.5

อาคารชุดที่ใช้ไฟน้อยขนาดไม่เกินขนาดเครื่องวัดฯ แรงต่ำของการไฟฟ้า ก็จะสามารถรับเป็นไฟแรงต่ำได้ ซึ่งจะไม่ต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า



รูปที่ 5.4 ระบบการจ่ายไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด



รูปที่ 5.5 ตัวอย่าง riser diagram ของอาคารชุด

5.2.1 โหลดของห้องชุด คำนวณโหลดตามประเภทของอาคารชุดดังนี้

1. ห้องชุดประเภทอยู่อาศัย ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

(1) ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม.

VA = 90 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 1,500

(2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม.

VA = 90 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 3,000

(3) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตร.ม.

VA = 90 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 6,000

2. ห้องชุดประเภทอยู่อาศัย มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

(1) ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม.

VA = 20 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 1,500

(2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม.

VA = 20 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 3,000

(3) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตร.ม.

VA = 20 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 6,000

3. ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้า ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

VA = 155 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.

4. ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้า มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

VA = 85 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม.

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าฯ กำหนดขนาดตามพื้นที่ห้อง ตามตารางที่ 5.6 ถึง 5.9

ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า ต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ แต่ไม่เกินที่กำหนดในตารางที่ 5.4 หรือ 5.5

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด ที่ห้องชุดต้องติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกิน (เมนสวิตช์ของห้องชุด) ขนาดไม่เกินขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุดนั้น

ขนาดสายเมนเข้าห้องชุด ต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด (เมนสวิตช์) และต้องไม่เล็กกว่า 6 ตร.มม.

ตัวอย่างที่ 5.6 ห้องชุดประเภทอยู่อาศัยไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ขนาดพื้นที่ห้องละ 40 ตร.ม. ในพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง จงดำเนินการ

1. หาโหลดของห้องชุดแต่ละห้อง
2. ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด
3. ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด
4. ขนาดสายเมนเข้าห้องชุด กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

วิธีทำ

1. โหลดของห้องชุด

   VA = 90 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 1,500

   = (90 × 40) + 1,500 = 5,100 VA

2. ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด

   ตารางที่ 5.6 ขนาดพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม. ได้เครื่องวัดฯ ขนาด 15(45)A, 1P

3. ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของห้องชุด

   เซอร์กิตเบรกเกอร์ = 5,100/230 = 22.17 A

   เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

   หรือ เลือกจากตารางที่ 5.4 จะได้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 50 A

4. ขนาดสายเมนเข้าห้องชุด

   กำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32 A

   ตารางที่ 5-20 ได้สายขนาด 6 ตร.มม. (36 A)

   หมายเหตุ *ถ้ากำหนดจากเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 50 A จะได้สายขนาด 16 ตร.มม. (66 A)*

ตารางที่ 5.6
ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย
(สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	โหลดสูงสุดของเครื่องวัดฯ (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	55	30	15 (45) A 1P
		150	75	30 (100) A 1P
		180	100	50 (150) A 1P
		180	30	15 (45) A 3P
		483	75	30 (100) A 3P
		666	100	50 (150) A 3P
		1,400	200	200 A 3P
		2,866	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	35	10	5 (15) A 1P
		180	30	15 (45) A 1P
		525	75	30 (100) A 1P
		800	100	50 (150) A 1P
		690	30	15 (45) A 3P
		2,475	75	30 (100) A 3P
		3,000	100	50 (150) A 3P
		6,300	200	200 A 3P
		12,900	400	400 A 3P

หมายเหตุ *1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย*
3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

ตารางที่ 5.7 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ	
				จานหมุน	อิเล็กทรอนิกส์
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	55	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		150	100	30 (100) A 1P	
		180	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		483	100	30 (100) A 3P	
		666	125	-	200 A 3P ประกอบ CT แรงต่ำ
		1,400	200	-	
2	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	35	16	5 (15) A 1P	5 (100) A 1P
		180	50	15 (45) A 1P	
		525	100	30 (100) A 1P	
		690	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		2,475	100	30 (100) A 3P	
		3,000	125	-	200 A 3P ประกอบ CT แรงต่ำ
		6,300	200	-	

หมายเหตุ *1) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย*
3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย
2) ขนาดเครื่องวัดฯ ให้อ้างอิงจากมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ตารางที่ 5.8 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับห้องชุดประเภทสำนักงาน หรือร้านค้าทั่วไป (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	โหลดสูงสุดของเครื่องวัดฯ (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	40	30	15 (45) A 1P
		105	75	30 (100) A 1P
		140	100	50 (150) A 1P
		125	30	15 (45) A 3P
		320	75	30 (100) A 3P
		425	100	50 (150) A 3P
		850	200	200 A 3P
		1,700	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	80	30	15 (45) A 1P
		190	75	30 (100) A 1P
		260	100	50 (150) A 1P
		230	30	15 (45) A 3P
		580	75	30 (100) A 3P
		770	100	50 (150) A 3P
		1,550	200	200 A 3P
		3,100	400	400 A 3P

หมายเหตุ *1) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย*
3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย
2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.8 นี้จะกำหนดขนาดของเครื่องวัดฯ เป็นราย ๆ ไป

ตารางที่ 5.9 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงาน หรือร้านค้าทั่วไป (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ	
				จานหมุน	อิเล็กทรอนิกส์
1	ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	40	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		105	100	30 (100) A 1P	
		125	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		320	100	30 (100) A 3P	
		425	125	-	200 A 3P ประกอบ CT แรงต่ำ
		850	200	-	
2	มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง	80	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		190	100	30 (100) A 1P	
		230	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		580	100	30 (100) A 3P	
		770	125	-	200 A 3P ประกอบ CT แรงต่ำ
		1,550	200	-	

หมายเหตุ *1) 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย*
3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย
2) ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 5.9 นี้จะกำหนดขนาดของเครื่องวัดฯ เป็นราย ๆ ไป
3) ขนาดเครื่องวัดฯ ให้อ้างอิงจากมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

5.2.2 โหลดสายป้อน คำนวณจากผลรวมของโหลดห้องชุดที่ต่อใช้งานจากสายป้อนนั้น โดยใช้ค่าโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ได้ตามประเภทของห้องชุด ตามตารางที่ 5.10 สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย หรือ 5.11 สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป การเรียงลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องที่มีโหลดสูงสุดก่อน

ตารางที่ 5.10 ค่าโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย

ลำดับห้องชุด	โคอินซิเดนต์แฟกเตอร์
1-10	0.9
11-20	0.8
21-30	0.7
31-40	0.6
41 ขึ้นไป	0.5

หมายเหตุ *ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโหลดสูงสุดก่อน*

ตารางที่ 5.11 ค่าโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ สำหรับห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

ลำดับห้องชุด	โคอินซิเดนต์แฟกเตอร์
1-10	1.0
11 ขึ้นไป	0.85

หมายเหตุ *ลำดับห้องชุดให้เริ่มจากห้องชุดที่มีโหลดสูงสุดก่อน*

1. การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน เครื่องป้องกันกระแสเกินต้องมีขนาดไม่ต่ำกว่าโหลดสายป้อนที่คำนวณได้

2. การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน

ตัวอย่างที่ 5.7 สายป้อนชุดหนึ่งของอาคารชุดในพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง เป็นอาคารชุดประเภทอยู่อาศัยไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง จ่ายไฟให้ห้องชุดขนาดพื้นที่ห้องละ 40 ตร.ม. จำนวน 20 ห้อง และขนาดพื้นที่ห้องละ 100 ตร.ม. จำนวน 5 ห้อง รวม 25 ห้อง จงกำหนด

1. โหลดรวมของสายป้อน
2. ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อน กำหนดให้จ่ายด้วยระบบ 3 เฟส 4 สาย 230/400 V
3. ขนาดสายไฟฟ้าของสายป้อน กำหนดให้ใช้สาย IEC 01 เดินร้อยท่อโลหะเกาะผนัง

วิธีทำ

ห้องชุดพื้นที่ไม่เกิน 55 ตร.ม. VA = 90 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 1,500

ห้องชุดขนาดพื้นที่ 40 ตร.ม. โหลด = (90 × 40) + 1,500 = 5,100 VA

ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม. แต่ไม่เกิน 180 ตร.ม. VA = 90 x พื้นที่ห้องเป็น ตร.ม. + 3,000

ห้องชุดขนาดพื้นที่ 100 ตร.ม. โหลด = (90 × 100) + 3,000 = 12,000 VA

โหลดสายป้อนใช้ค่าโคอินซิเดนต์ตามตารางที่ 5.10 เรียงลำดับจากห้องที่มีโหลดสูงสุดก่อน (จำนวนห้องรวม 25 ห้อง)

ห้องขนาดพื้นที่ 100 ตร.ม. โหลดห้องละ 12,000 VA จำนวน 5 ห้อง

ห้องขนาดพื้นที่ 55 ตร.ม. โหลดห้องละ 5,100 VA จำนวน 20 ห้อง

ห้องที่ 1-10 แฟกเตอร์ 0.9

ห้องที่ 1-5 โหลด 12,000 × 5 × 0.9 = 54,000 VA

ห้องที่ 6-10 โหลด 5,100 × 5 × 0.9 = 22,950 VA

ห้องที่ 11-20 แฟกเตอร์ 0.8

ห้องที่ 11-20 โหลด 5,100 × 10 × 0.8 = 40,800 VA

ห้องที่ 21-25 แฟกเตอร์ 0.7

ห้องที่ 21-25 โหลด 5,100 × 5 × 0.7 = 17,850 VA

1. โหลดรวม = 54,000 + 22,950 + 40,800 + 17,850 = 135,600 VA

2. ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ = $\frac{135,600}{\sqrt{3}\times 400}$ = 195.7 A

เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 225 A

3. สายไฟฟ้า

ตารางที่ 5-20, ได้สาย IEC 01 ขนาด 150 ตร.มม. (228 A)

5.2.3 โหลดไฟฟ้าส่วนกลาง คือโหลดที่ผู้อยู่อาศัยในอาคารชุดใช้ร่วมกันเช่น ลิฟต์ สระว่ายน้ำ และแสงสว่างบริเวณทางเดิน เป็นต้น การคำนวณโหลด การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายไฟฟ้า เป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 5.1

5.2.4 โหลดรวม คือโหลดทั้งหมดของอาคารชุด ประกอบด้วยโหลดของห้องชุดทั้งหมดรวมกับไฟส่วนกลาง การคำนวณโหลดของห้องชุดสามารถใช้ค่าโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ได้ตามตารางที่ 5.10 และ 5.11

กรณีที่ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้ การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินและสายเมนไฟฟ้าให้ดูรายละเอียดในเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 5.8 อาคารชุดในพื้นที่ของการไฟฟ้านครหลวง เป็นอาคารชุดประเภทสำนักงานไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง จ่ายไฟให้ห้องชุดขนาดพื้นที่ห้องละ 100 ตร.ม. จำนวน 50 ห้อง มีไฟฟ้าส่วนกลางที่คิดดีมานด์แฟกเตอร์แล้วรวม 50 kVA จงกำหนดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า

วิธีทำ

โหลดห้องชุด

โหลดแต่ละห้องชุด = 155 × 100 = 15,500 VA

โหลดรวม โคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ตารางที่ 5.11

ห้องที่ 1-10 โหลด = 15,500 × 10 × 1 = 155,000 VA

ห้องที่ 11-50 โหลด = 15,500 × 40 × 0.85 = 527,000 VA

รวมโหลดห้องชุด = 155,000 + 527,000 = 682,000 VA = 682 kVA

ไฟฟ้าส่วนกลาง 50 kVA

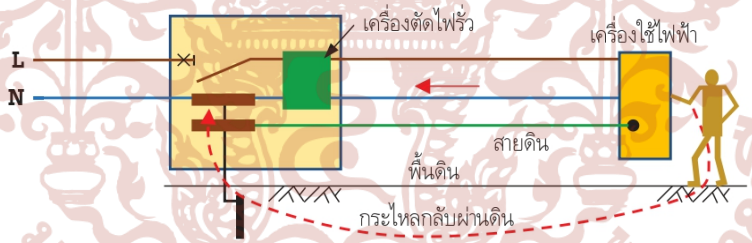
โหลดรวมของอาคาร = 682 + 50 = 732 kVA

เลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 800 kVA

5.3 การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วและเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน

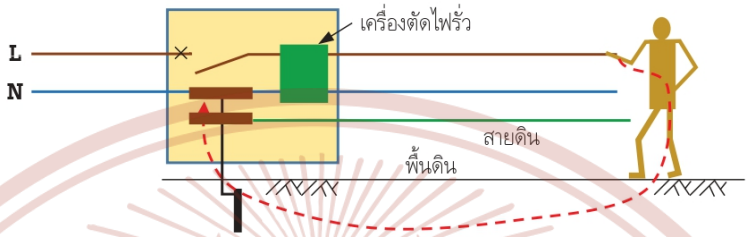
5.3.1 การติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่ว (RCD) ใช้ป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าที่เกิดกับบุคคลจากไฟฟ้าดูด แต่การติดตั้งในวงจรต้องทำให้ถูกต้องด้วยเพราะถ้าติดตั้งผิดเครื่องอาจไม่ทำงานปลดวงจรเมื่อบุคคลถูกไฟฟ้าดูด

เครื่องตัดไฟรั่วมีหลักการทำงานคือจะวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านไปและกลับของวงจรเดียวกัน ซึ่งในสภาพปกติจะต้องเท่ากันเสมอ ถ้ามีไฟรั่วหายไป เช่น ไหลผ่านบุคคลลงดิน กระแสที่ไหลไปและไหลกลับจะไม่เท่ากันซึ่งเครื่องจะสามารถวัดได้ และถ้าผลต่างเป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้เครื่องจะสั่งปลดวงจร การติดตั้งเป็นตามรูปที่ 5.6

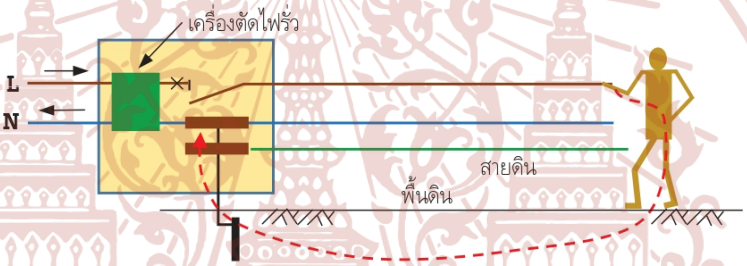


รูปที่ 5.6 ตำแหน่งติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วและการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อเครื่องใช้ไฟฟ้ารั่ว

เครื่องตัดไฟรั่วต้องติดตั้งให้ถูกต้องโดยเฉพาะตำแหน่งในวงจร เพราะถ้าติดตั้งผิดตำแหน่งเครื่องอาจไม่ทำงานปลดวงจร ตัวอย่างตำแหน่งที่ถูกต้องเป็นไปตามรูปที่ 5.6 และ 5.7



รูปที่ 5.7 การไหลกลับของกระแสเมื่อสัมผัสสายเส้นไฟ



รูปที่ 5.8 ตำแหน่งการติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วที่ไม่ถูกต้อง

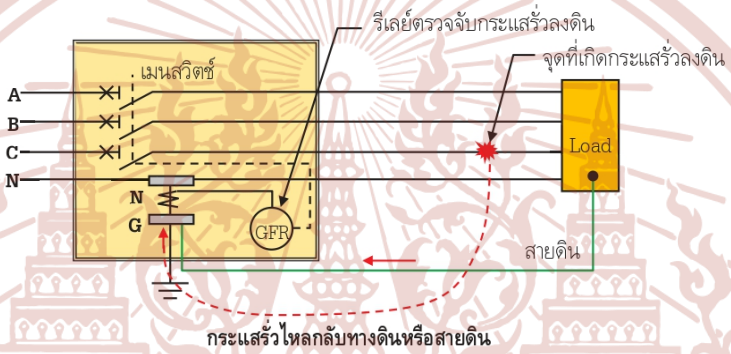
(เครื่องตัดไฟรั่วไม่ทำงานปลดวงจรเมื่อสัมผัสสายเส้นไฟ)

ในรูปที่ 5.6 ถึงแม้เครื่องใช้ไฟฟ้าจะมีสายดินแล้วก็ตาม แต่ถ้าในการใช้งานปกติมีไฟรั่วน้อยเซอร์กิตเบรกเกอร์ก็อาจไม่ปลดวงจรหรือปลดวงจรช้า เมื่อบุคคลสัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้าก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านบุคคล เครื่องตัดไฟรั่วจะทำงานปลดวงจร

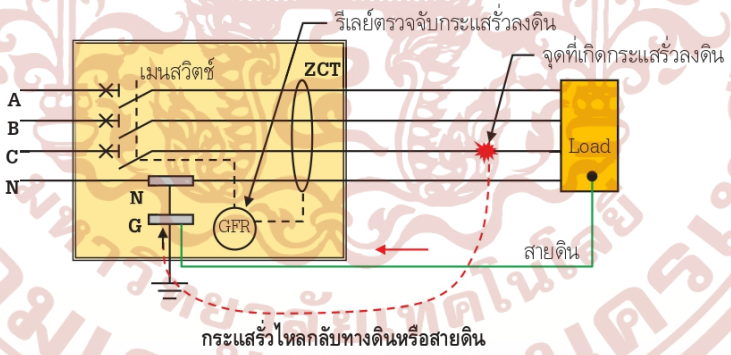
ในรูปที่ 5.7 เมื่อบุคคลสัมผัสโดยตรงกับสายไฟฟ้าก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านบุคคล เครื่องตัดไฟรั่วจะทำงานปลดวงจร

ในรูปที่ 5.8 เป็นการติดตั้งเครื่องตัดไฟรั่วผิดตำแหน่ง เมื่อบุคคลสัมผัสเครื่องใช้ไฟฟ้าหรือสายเส้นไฟ ก็จะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านบุคคลไปครบวงจรและกลับผ่านเครื่องตัดไฟรั่วอีก กระแสที่ไหลไปและกลับผ่านเครื่องตัดไฟรั่วจะเท่ากัน เครื่องตัดไฟรั่วจะวัดไม่ได้จึงไม่ปลดวงจร

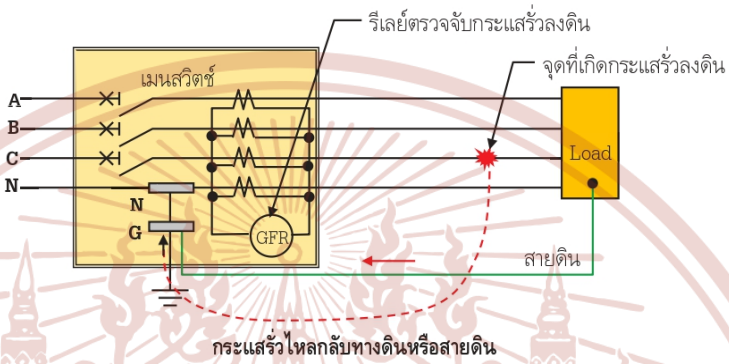
5.3.2 การติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสรั่วลงดิน (Ground Fault Protection) เป็นการติดตั้งเพื่อลดหรือป้องกันความเสียหายที่เกิดกับทรัพย์สิน เมื่อเกิดไฟรั่วในวงจรเครื่องจะสั่งเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ปลดวงจร หลักการทำงานเหมือนกับเครื่องตัดไฟรั่ว แต่กระแสที่วัดได้และปลดวงจรจะสูงกว่ามาก วิธีการวัดกระแสรั่วแบ่งเป็น 3 วิธี ดังนี้



รูปที่ 5.9 วิธีวัดกระสไหลกลับผ่านระบบดิน (Source Ground Return Sensing Method)



รูปที่ 5.10 วิธีวัดกระแสสมดุล (Zero Sequence Sensing Method)



รูปที่ 5.11 วิธีวัดกระแสตกค้าง หรือกระแสเหลือ (Residual Sensing Method)

วิธีวัดกระแสไหลกลับผ่านระบบดินตามรูปที่ 5.9 สายต่อหลักดินจะต้องต่อเข้ากับ G เพราะถ้าต่อกับ N กระแสที่รั่วลงดินจะไม่ไหลผ่านหม้อแปลงกระแส (current transformer) เครื่องจะทำงานผิดพลาด

สำหรับวิธีวัดกระแสสมดุลและวิธีวัดกระแสตกค้าง สายต่อหลักดินจะต่อเข้ากับ N หรือ G ก็ได้ ไม่มีผลให้การวัดผิดพลาด

ภาคผนวก ค

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า

แบบประเมินความพึงพอใจโปรแกรม GUI MATLAB

แบบประเมินค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับรายการประเมินผลใบงาน การพัฒนา MATLAB GUI เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนแบบสาธิตในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้าในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา

ตอนที่ 1 : ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้เชี่ยวชาญ คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหน้าข้อความเกี่ยวกับข้อมูลปัจจุบันของท่าน

1. ผู้เชี่ยวชาญ ชื่อ ..... นามสกุล .....

2. ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง

- ☐ 1) อาจารย์
- ☐ 2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์
- ☐ 3) รองศาสตราจารย์
- ☐ 4) ศาสตราจารย์
- ☐ 5) อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

ตอนที่ 2 : การประเมินความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับรายการประเมินผลใบงานคำชี้แจง โปรดพิจารณา ว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับรายการประเมินผลใบงานการพัฒนา MATLAB GUI เพื่อใช้เป็นสื่อการสอนแบบสาธิตในรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชา ช่างไฟฟ้า วิทยาลัยการอาชีพเสนา โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน เมื่อ

+1	หมายถึง แน่ใจว่าตรงเชิงเนื้อหา
0	หมายถึง ไม่แน่ใจว่าตรงเชิงเนื้อหา
-1	หมายถึง แน่ใจว่าไม่ตรงเชิงเนื้อหา

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ $IOC = \frac{\sum R}{N}$

แบบประเมินใบงานที่ 1 - 3

ลำดับ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (ใบงาน)	ประเด็น	ผู้เชี่ยวชาญ			สรุป
			+1	0	-1	
1	จำแนกประเภทโหลดไฟฟ้าเพื่อใช้ในการคำนวณได้อย่างถูกต้อง	1. การวิเคราะห์ประเภทโหลด				
2	คำนวณโหลดรวมของอาคารชนิดต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง	2. การเลือกใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ 3. ขั้นตอนการคำนวณ				
3	เลือกใช้ค่า Demand Factor ตามช่วงโหลดได้อย่างถูกต้อง					
4	คำนวณโหลดหลังคิด Demand Factor (Demand Load) ได้อย่างถูกต้อง	4. ความถูกต้องของคำตอบ				
5	เลือกใช้ขนาดสายไฟและบริภัณฑ์ป้องกันได้ถูกต้องตามหลักการ	5. การเลือกใช้บริภัณฑ์ป้องกันและสายไฟ				
6	ใช้โปรแกรมคำนวณโหลดไฟฟ้าในการวิเคราะห์และตรวจสอบผลลัพธ์ได้อย่างถูกต้อง	6. ความเข้าใจในการใช้โปรแกรม				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบประเมิน ใบงานที่ 4

ลำดับ	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม (ใบงาน)	ประเด็น	ผู้เชี่ยวชาญ			สรุป
			+1	0	-1	
1	อธิบายหลักการและความสำคัญของการจัดทำเฟสสมดุลในระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้อย่างถูกต้อง	1. ความเข้าใจในหลักการเฟสสมดุล				
2	จำแนกและจัดกลุ่มโหลดไฟฟ้าเข้าสู่แต่ละเฟสได้อย่างเหมาะสม	2. การจัดกลุ่มโหลด				
3	คำนวณกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสจากโหลดที่กำหนดให้ได้ถูกต้อง โดยใช้สูตรและหลักเกณฑ์ตามมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง	3. ความถูกต้องในการคำนวณ 5. การใช้สูตรหรือมาตรฐานที่เกี่ยวข้อง				
4	ปรับกระจายโหลดเพื่อให้ค่ากระแสของแต่ละเฟสใกล้เคียงกันมากที่สุด	4. การกระจายโหลดใกล้เคียง/สมดุล				
5	สรุปผลการจัดทำเฟสสมดุลพร้อมเสนอแนวทางปรับปรุงหรือแก้ไขได้อย่างเหมาะสม	6. ความถูกต้องในการสรุปผล				

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญตรวจคุณภาพเครื่องมือวิจัย

แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า

แบบประเมินคุณภาพสื่อการสอนในรายวิชา การออกแบบระบบไฟฟ้า รหัสวิชา 30104-2004 เรื่องที่ 7 การคำนวณโหลดและการทำเฟสสมดุล

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหน้าข้อความเกี่ยวกับข้อมูลปัจจุบันของท่าน

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

1. สถานะของผู้ประเมิน
   - ☐ ครูผู้สอนในสาขาวิชาไฟฟ้า
   - ☐ ครูผู้สอนในสาขาวิชาที่เกี่ยวข้อง
   - ☐ นักศึกษา
   - ☐ ผู้ทรงคุณวุฒิ/ผู้เชี่ยวชาญด้านไฟฟ้า
   - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
2. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้อง (เลือกอย่างน้อย 1 ข้อ)
   - ☐ เคยสอน/เรียนรายวิชาการออกแบบระบบไฟฟ้า
   - ☐ มีประสบการณ์งานติดตั้ง/ออกแบบระบบไฟฟ้า ≥ 3 ปี
   - ☐ เคยใช้สื่อการสอนลักษณะใกล้เคียงมาก่อน
3. ท่านได้ใช้/ทดลองใช้สื่อครบทุกส่วนหรือไม่
   - ☐ ครบทุกส่วน
   - ☐ บางส่วน (โปรดระบุ).....

ตอนที่ 2 : แบบประเมินคุณภาพ

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
ด้านเนื้อหา (Content Quality)							
1	เนื้อหาถูกต้องตามหลักวิศวกรรมไฟฟ้า						
2	เนื้อหาครอบคลุมการคำนวณโหลดและเฟสสมดุลครบถ้วน						
3	มีความเหมาะสมกับผู้เรียนระดับ ปวส.						
ด้านการออกแบบสื่อ (Instructional Design)							
4	แผนการสอนมีลำดับขั้นตอนชัดเจน						
5	ใบเนื้อหาเข้าใจง่าย อ่านแล้วเรียนรู้ได้ด้วยตนเอง						
6	ใบงานส่งเสริมการคิดวิเคราะห์และการปฏิบัติ						
ด้านประโยชน์และการนำไปใช้ (Utility)							
7	สื่อช่วยให้เข้าใจการคำนวณโหลดชัดเจนขึ้น						
8	สื่อช่วยให้เข้าใจการจัดทำเฟสสมดุลได้ดีขึ้น						
9	สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ได้จริง						
ด้านคุณภาพโดยรวม (Overall Quality)							
10	แบบฝึกหัดมีความเหมาะสมกับเนื้อหา						
11	มีความเหมาะสมของปริมาณเนื้อหาและเวลาเรียน						
12	มีความพึงพอใจโดยรวมต่อสื่อการสอนชุดนี้						

ตอนที่ 4 : ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

แบบประเมินความพึงพอใจโปรแกรม GUI MATLAB

แบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้โปรแกรมการคำนวณการออกแบบระบบไฟฟ้า

คำชี้แจง โปรดกรอกข้อมูลและทำเครื่องหมาย ✓ ลงในหน้าข้อความเกี่ยวกับข้อมูลปัจจุบันของท่าน

ตอนที่ 1 : ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ประเมิน

ข้อมูลทั่วไปของผู้ประเมิน

- ☐ 1) ครู - อาจารย์
- ☐ 2) นักเรียน/นักศึกษา
- ☐ 3) อื่น ๆ (โปรดระบุ) .....

ประสบการณ์ด้านงานไฟฟ้า

- ☐ น้อยกว่า 1 ปี
- ☐ 1 - 3 ปี
- ☐ มากกว่า 3 ปี

ตอนที่ 2 : ความเข้าใจพื้นฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้า

รายการคัดกรอง	ใช่	ไม่ใช่
1. มีพื้นฐานความรู้ด้านระบบไฟฟ้ากำลัง		
2. สามารถอ่านแบบและเข้าใจโหลดทางไฟฟ้า		
3. เคยใช้โปรแกรมที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณระบบไฟฟ้า		
4. เข้าใจหน่วยวัดทางไฟฟ้า เช่น VA, kVA, V, A เป็นต้น		

ตอนที่ 3 : แบบประเมินความพึงพอใจ

ข้อ	รายการประเมิน	ระดับการประเมิน					หมายเหตุ
		5	4	3	2	1	
ด้านความถูกต้องของการคำนวณ							
1	ความถูกต้องของผลรวมโหลด						
2	ความถูกต้องของผลรวมโหลด						
3	ความถูกต้องของการคิด Demand Factor						
ด้านการใช้งานโปรแกรม							
4	ความง่ายในการกรอกข้อมูล						
5	ความชัดเจนของการแสดงผลตาราง						
6	ความเข้าใจง่ายของปุ่มคำสั่ง						
ด้านประโยชน์และประสิทธิภาพ							
7	ช่วยลดเวลาในการคำนวณ						
8	ช่วยลดความผิดพลาดจากการคำนวณมือ						
9	สามารถนำไปใช้จริงในงานออกแบบได้						
ด้านประโยชน์และประสิทธิภาพ							
10	ความเหมาะสมของรูปแบบหน้าตาโปรแกรม						
11	ความเหมาะสมของการจัดเรียงข้อมูล						
12	ความพึงพอใจโดยรวมต่อโปรแกรม						

ตอนที่ 4 : ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ง

หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ

หนังสือแต่งตั้งผู้เชี่ยวชาญ



ที่ อว 7104.2/182

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมบูรณ์ สาลำ
อาจารย์ประจำ สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5
วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์

ด้วยนายภานุพงศ์ สุยะ รหัสประจำตัว 64-020258-5602-7 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.2/183

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายณรงค์ โป่วณิชชากร
ครูชำนาญการพิเศษ แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์

ด้วยนายภานุพงศ์ สุยะ รหัสประจำตัว 64-020258-5602-7 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255



ที่ อว 7104.2/184

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายสุนทร ก้านจันทร์
ครู แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิครัตนบุรี

ด้วยนายภานุพงศ์ สุยะ รหัสประจำตัว 64-020258-5602-7 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง” โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



ที่ อว 7104.2/185

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายนรินทร์ สีหะนาม
ครู สาขาเทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันการอาชีวศึกษาภาคกลาง 5
วิทยาลัยเทคนิคเพชรบุรี

ด้วยนายภานุพงศ์ สุยะ รหัสประจำตัว 64-020258-5602-7 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



ที่ อว 7104.2/186

ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 บางซื่อ กทม. 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัย

เรียน นายประสงค์ศักดิ์ สองศรี
อาจารย์ประจำ สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้าและระบบควบคุมอัตโนมัติ
คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ด้วยนายภานุพงศ์ สุยะ รหัสประจำตัว 64-020258-5602-7 นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ซึ่งได้จัดทำหัวข้อการค้นคว้าอิสระ เรื่อง "การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง" โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภัควี หะยะมิน เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ในการนี้ ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า จึงมีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินเครื่องมือวิจัยในการประกอบการจัดทำการค้นคว้าอิสระในเรื่องดังกล่าวข้างต้น ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภานี น้อยยิ่ง)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า

โทร. 02 555 2000 ต่อ 3302
โทรสาร 02 587 8255

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายภานุพงศ์ สุยะ

ชื่อการค้นคว้าอิสระ การพัฒนาสื่อการสอนโดยใช้โปรแกรม GUI MATLAB ในงานคำนวณความสมดุลของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร สำหรับนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ประวัติ เกิดเมื่อวันที่ 27 กันยายน พ.ศ. 2540 ที่อยู่ปัจจุบัน 200/16 หมู่ 18 ตำบล ชุมเห็ด อำเภอ เมืองบุรีรัมย์ จังหวัด บุรีรัมย์ รหัสไปรษณีย์31000

ประวัติการศึกษา 2556 - 2559 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์

2559 - 2561 ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง สาขางานไฟฟ้าควบคุม วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์

2561 - 2562 ระดับปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีไฟฟ้า สถาบันการอาชีวศึกษาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 5 ศูนย์การเรียนวิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์

ประวัติการทำงาน 3 กรกฎาคม 2563 – 30 มิถุนายน 2565 ตำแหน่ง ครูอัตราจ้าง แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคบุรีรัมย์

18 กรกฎาคม 2565 – ปัจจุบัน ตำแหน่ง ข้าราชการครู แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยการอาชีพเสนา