ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย

วิทยานิพนธ์

ของ

เตชทัต บูรณะอัศวกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2568

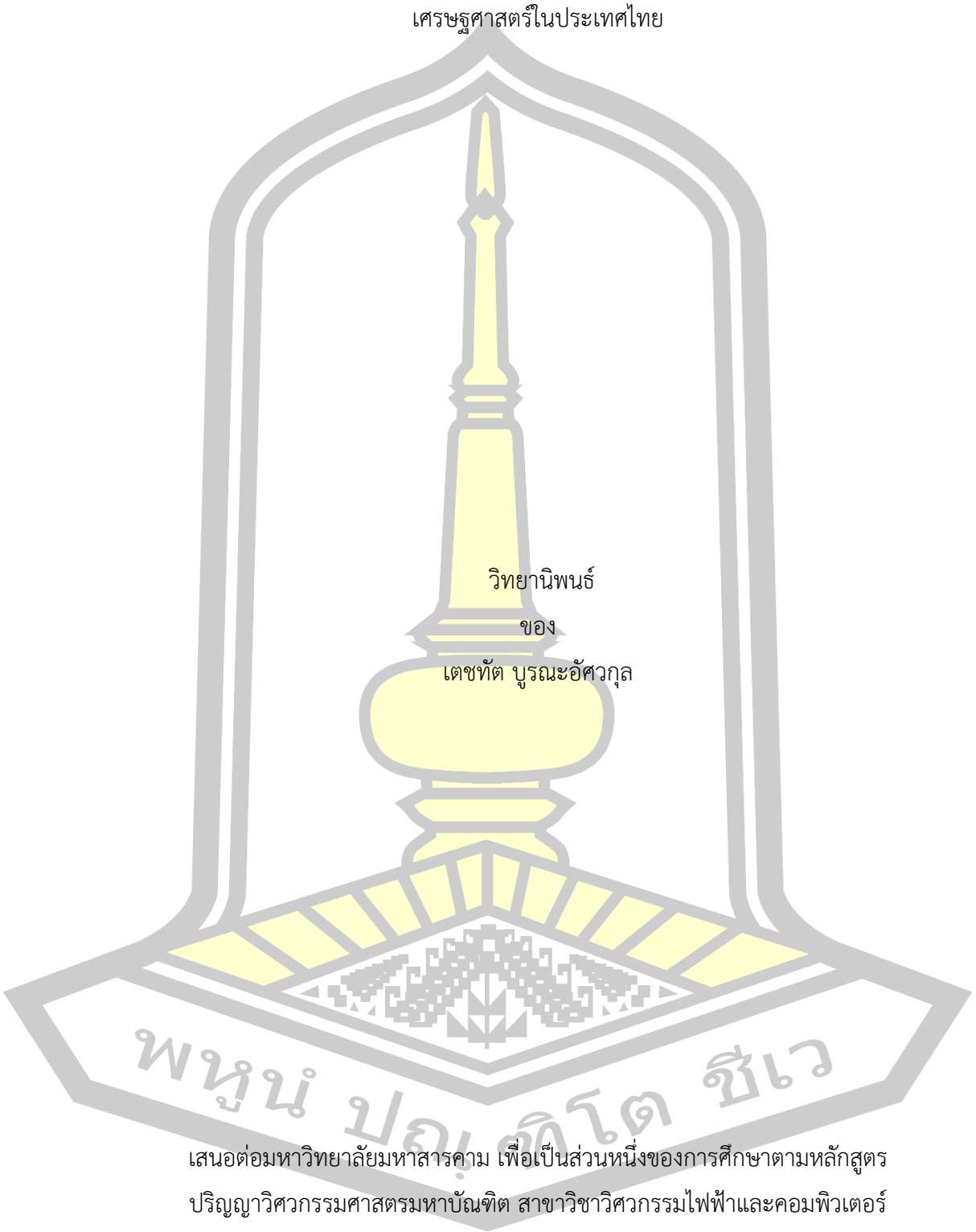
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย

วิทยานิพนธ์

ของ

เตชทัต บูรณะอัศวกุล



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2568

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Impact of the selection of electrical equipment on health care facilities on safety and economics in Thailand.

Techatat Buranaaudsawakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

March 2025

Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเตชทัต บูรณะอัศวกุล แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. จักรพนธ์ อบมา)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. ชัยยงค์ เสริมผล)

.....กรรมการ

(ผศ. ดร. บัญชา วัฒนะ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....

(รศ. ดร. จักรมาส เลาหวณิช)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....

(ศ. ดร. อนงค์ฤทธิ์ แข็งแรง)
ผู้รักษาการคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย

ผู้วิจัย เตชทัต บูรณะอัศวกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2568

บทคัดย่อ

โรงพยาบาลเป็นโครงสร้างที่โดดเด่นซึ่งมีส่วนสนับสนุนการรักษา ช่วยเหลือครอบครัวและชุมชน และเพิ่มคุณภาพชีวิตและอายุยืนยาว การสืบสวนนี้มีวัตถุประสงค์สองประการ วัตถุประสงค์เบื้องต้นคือการรวบรวมข้อมูล ประเมินการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้า และตรวจสอบการใช้พลังงานของโรงพยาบาล วัตถุประสงค์ที่สองคือการตรวจสอบวิธีการเพิ่มความปลอดภัยของอุปกรณ์ไฟฟ้าพร้อมทั้งสร้างข้อได้เปรียบทางเศรษฐกิจจากหม้อแปลงไฟฟ้า 434 ตัวที่ให้พลังงานแก่โรงพยาบาล การสืบสวนใช้แบบฟอร์มขอข้อมูล วิธีการวิเคราะห์ทางสถิติ (ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน เปอร์เซ็นต์ การทดสอบ T) และสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญสามครั้ง ผลลัพธ์แสดงไว้ด้านล่าง: 1) การประเมินการใช้พลังงานในสถานพยาบาลแบบเจาะลึก โดยเน้นที่เปอร์เซ็นต์การใช้งานจริงของหม้อแปลงไฟฟ้า กระแสสลับในเบรกเกอร์วงจร และอัตราส่วนตัวเก็บประจุ 2) แนวทางการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าผ่านการเปิดใช้งานหม้อแปลงตามความต้องการ 3) ข้อเสนอแนะสำหรับการลดต้นทุนและการสร้างระบบการจัดการพลังงานที่เน้นที่การบรรลุความเป็นกลางทางคาร์บอน นอกจากนี้ รายงานยังเน้นย้ำถึงความกังวลที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบไฟฟ้ามากเกินไปอีกด้วย ตัวอย่างเช่น การลดความจุของหม้อแปลงจาก 1,600 kVA เป็น 1,000 kVA จะช่วยลดการปล่อยคาร์บอนได้ 38.2% ระบบขนาดใหญ่จะส่งผลให้มีการปล่อยคาร์บอนเพิ่มขึ้นและเพิ่มค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานและการบำรุงรักษาอย่างมาก นอกจากนี้ การพึ่งพาแรงงานคนหรือเครื่องจักรยังทำให้มีการปล่อยคาร์บอนเพิ่มขึ้นด้วย ผลลัพธ์ดังกล่าวเน้นย้ำถึงความสำคัญของการปรับปรุงการออกแบบระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลเพื่อสร้างสมดุลระหว่างประสิทธิภาพ ความยั่งยืน และมูลค่าทางเศรษฐกิจ

คำสำคัญ : สถานพยาบาล, การประเมินการใช้พลังงานโดยรวม, ความปลอดภัย, ทางเศรษฐศาสตร์, ความเป็นกลางทางคาร์บอน

TITLE Impact of the selection of electrical equipment on health care facilities on safety and economics in Thailand.

AUTHOR Techatat Buranaaudsawakul

ADVISORS Professor Worawat Sa-Ngiamvibool , Ph.D.

DEGREE Master of Engineering **MAJOR** Electrical and Computer Engineering

UNIVERSITY Mahasarakham University **YEAR** 2025

ABSTRACT

Hospitals represent remarkable structures that contribute to healing, support families and communities and enhance both quality of life and longevity. This investigation has two objectives: The initial objective is to gather data, assess the choice of electrical equipment and examine the energy consumption of hospitals. The second objective is to investigate methods for enhancing the safety of electrical equipment while also creating economic advantages from the 434 electrical transformers that provide energy to hospitals. The investigation utilizes data request form, statistical analysis methods (mean, standard deviation, percentage, T-test) and conducts three professional interviews. The results are presented below: 1) An in-depth assessment of energy consumption in healthcare facilities, focusing on the real operational percentages of electrical transformers, alternating current in circuit breakers and capacitor ratios. 2) Approaches for managing electricity consumption through the on-demand activation of transformers. 3) Suggestions for reducing costs and creating energy management systems focused on reaching carbon neutrality. The report further emphasizes concerns associated with overdesign in electrical systems. For example, decreasing the capacity of a transformer from 1600 kVA to 1000 kVA leads to a reduction in carbon emissions by 38.2%. Large systems contribute to heightened carbon emissions and significantly elevate operating and maintenance expenses. Furthermore, the dependence on human labor or machinery leads to increased carbon footprints. The results highlight the importance of improving hospital electrical system designs to strike a balance between efficiency, sustainability and economic value.

Keyword : Healthcare, Total Energy Assessment, Safety, Economics, Carbon Neutrality

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์ให้ความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล (ที่ปรึกษา) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จักรพนธ์ อบมา (ประธานกรรมการฯ) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัญชา วัฒนะ (กรรมการ) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชัยยงค์ เสริมผล (กรรมการ) และบุคคลหลากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ อย่างดียิ่ง

ทั้งนี้ต้องกราบขอบพระคุณคณาจารย์ผู้ที่ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้ผม ท่านผู้ใหญ่ใจดีอย่างที่สุด เช่น ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ คุณลือชัย ทองนิล คุณกิตติพงศ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ รวมถึง คุณไพบูลย์ อังคณากรกุล (บริษัท อาซีฟา จำกัด มหาชน) ที่ช่วยอุปถัมภ์ทางวิชาความรู้และความอนุเคราะห์ทั้งมวลอย่างดียิ่งตลอดมา

ขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ เช่น คณาจารย์ทุกๆ ท่าน พี่ๆ เพื่อนๆ น้อง ๆ ผู้ร่วมวงการวิศวกรรม และผู้ใหญ่ใจดีที่ช่วยกรุณาตอบแบบสอบถามให้งานวิจัยของผมได้บรรลุ เห็นถึงการปรับปรุงเพิ่มเติมมาตรฐานให้สามารถปฏิบัติใช้งานได้อย่างปลอดภัย น่าเชื่อถือ มีเสถียรภาพ ความมั่นคงและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ทั้งนี้ขอขอบคุณภาคส่วนที่ช่วยสนับสนุนรูปภาพและข้อมูลทางเทคนิคเป็นอย่างดียิ่ง

ด้วยอานิสงค์แห่งความดี ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เล่มนี้แล้วเสร็จได้ ขอมอบคุณความดีให้สำหรับ นายจุ้งคี้ แซ่เบ๊ และ นางอำไพจิตต์ กุศลเตช บิดาและมารดา ตามลำดับ

เตชทัต บูรณะอัศวกุล

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพประกอบ ..... ฐ

บทที่ 1 1

บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย 3

1.3 ความสำคัญของการวิจัย 3

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย 3

1.5 ขอบเขตของการวิจัย 5

1.5.1 กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัย 5

1.5.2 พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย 5

1.5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล 5

1.6 สมมติฐานของการวิจัย 6

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ 6

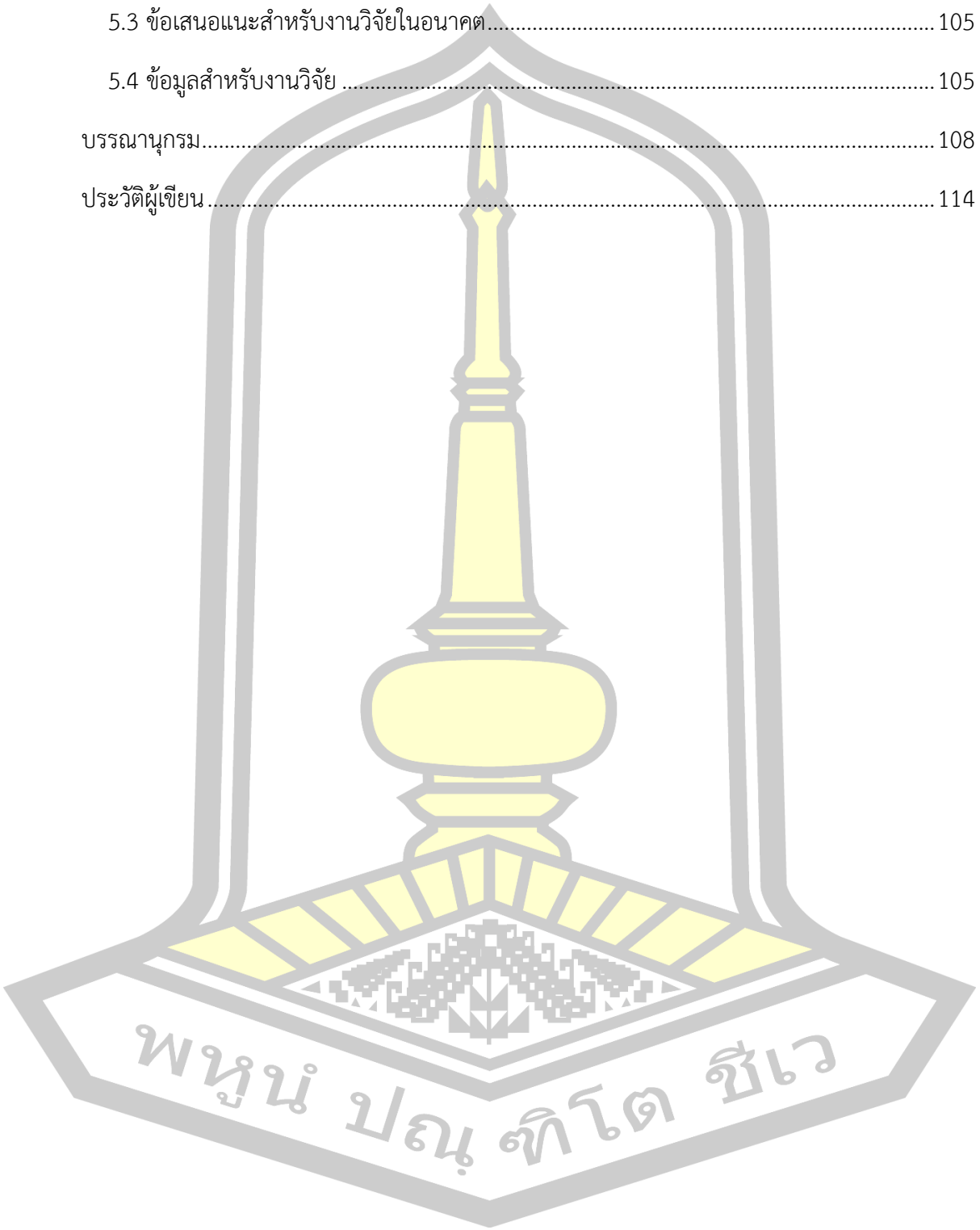
บทที่ 2 8

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

3.1 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย 8

2.1.1 ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย 9
2.1.2 ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ 14
3.2 การบริหารการออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้า 14
3.3 หม้อแปลงไฟฟ้า 26
2.3.1 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) 26
2.3.2 ช่างไฟฟ้า และ วิศวกรไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ 46
3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 58
2.4.1 งานวิจัยในประเทศ 58
2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ 59
บทที่ 3 64
วิธีดำเนินการวิจัย 64
3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง 64
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 65
3.5 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ 66
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล 70
3.7 การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล 71
3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 73
บทที่ 4 78
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 78
4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 80
4.2 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 83
บทที่ 5 98
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 98
5.1 ความมุ่งหมายของการวิจัย 98

5.2 อภิปรายผล 104
5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 105
5.4 ข้อมูลสำหรับงานวิจัย 105
บรรณานุกรม 108
ประวัติผู้เขียน 114



สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง 1 จำนวนโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาลในประเทศไทย 4

ตาราง 2 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัด กฟน. 12

ตาราง 3 ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธาน (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) 13

ตาราง 4 ตารางเปรียบเทียบการออกแบบคำนวณที่เหมาะสมและวิธีแบบเดิม 22

ตาราง 5 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1kV อุณหภูมิตัวนำ 70° C อุณหภูมิโดยรอย 40°C เดินในท่อร้อยสายในอากาศ23

ตาราง 6 ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิ้ล เมื่อเดินในอากาศ 23

ตาราง 7 ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสเนื่องจากจำนวนสายที่นำกระแสในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกันหรือเดินสายบนผิวมากกว่า 1 กลุ่มวงจร 23

ตาราง 8 แรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย 27

ตาราง 9 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส แรงดัน 12 kV–24 kV / 230 V–400V 34

ตาราง 10 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน1เฟส แรงดัน 12 kV – 24 kV / 230V 35

ตาราง 11 พิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230 V–400V 35

ตาราง 12 ค่า BIL ที่พิกัดแรงดัน 36

ตาราง 13 การแท็ปแยกแรงดันของ กฟภ. 37

ตาราง 14 การแท็ปแยกแรงดันของ กฟน. 37

ตาราง 15 สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อน 39

ตาราง 16 ตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลง 43

ตาราง 17 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออก หม้อแปลง 3 เฟส 230 V/400 V (แนะนำ) 45

ตาราง 18 ข้อมูล MCCB ที่มีใน Nameplate 49
ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย SPSS..... 80
ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับตอนที่ 2..... 82
ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% 84
ตาราง 22 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 รวม 8 คำถาม 85
ตาราง 23 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3..... 85
ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย SPSS..... 86
ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% 87
ตาราง 26 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2..... 87
ตาราง 27 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3..... 88
ตาราง 28 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ทั้งหมด 88
ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย SPSS 89
ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% 91
ตาราง 31 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบฟอร์มฯ..... 92
ตาราง 32 ตารางดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 และท่านที่ 2 94
ตาราง 33 ตารางดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 และท่านที่ 2 (ต่อ)..... 95
ตาราง 34 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3..... 96
ตาราง 35 สรุปคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดย IOC..... 97
ตาราง 36 การเลือกใช้ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน 102

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญภาพประกอบ

หน้า

ภาพประกอบ 1 ภาพประกอบงานด้านภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม 15

ภาพประกอบ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร 16

ภาพประกอบ 3 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 17

ภาพประกอบ 4 การออกแบบระบบเต้ารับไฟฟ้า 17

ภาพประกอบ 5 แผงจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส หรือที่นิยมเรียกว่า Load center หรือ L/C 18

ภาพประกอบ 6 วงจรย่อยที่ประกอบไปด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์, สายไฟ และโหลด 20

ภาพประกอบ 7 วงจรโหลดย่อยฮีตเตอร์ 21

ภาพประกอบ 8 กราฟ Tripping Curve Type C IEC 60898 25

ภาพประกอบ 9 การส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและโหลดในการจ่ายไฟของการไฟฟ้าฯ 27

ภาพประกอบ 10 หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) (ก) และสิ่งห่อหุ้ม (ข) 29

ภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันแบบ Corrugated Tank 30

ภาพประกอบ 12 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง 31

ภาพประกอบ 13 การติดตั้งพัดลมไว้ในเครื่องห่อหุ้ม แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง (Cross Flow Fan: 32

ภาพประกอบ 14 แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง 32

ภาพประกอบ 15 เครื่องห่อหุ้ม (Enclosure) 33

ภาพประกอบ 16 เวกเตอร์กรุ๊ป 38

ภาพประกอบ 17 การเขียนสัญลักษณ์ที่ Name Plate หม้อแปลงแสดงการระบายความร้อน 39

ภาพประกอบ 18 รูปแสดงการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลง 41

ภาพประกอบ 19 ภาพที่ 1, 2 สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ในภาพที่ 3 ตามลำดับ ของมาตรฐาน IEC ตามลำดับ 46

ภาพประกอบ 20 ข้อมูลจาก Nameplate ด้านข้างของ MCCB..... 50
ภาพประกอบ 21 ข้อมูลของ MCCB ที่จมูกหรือก้านโยก..... 50
ภาพประกอบ 22 การทำงานที่สัมพันธ์กัน (Icw)..... 51
ภาพประกอบ 23 ส่วนประกอบของ MCCB..... 52
ภาพประกอบ 24 ทางกายภาพของ shunt trip..... 53
ภาพประกอบ 25 Air Circuit Breaker: ACB ทางกายภาพ..... 53
ภาพประกอบ 26 การทำงานของชุดควบคุมของ ACB..... 54
ภาพประกอบ 27 Micro Logic ของ Air Circuit Breaker..... 55
ภาพประกอบ 28 วงจรและการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์..... 57
ภาพประกอบ 29 การออกแบบและการคำนวณการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์..... 100

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าเป็นครั้งแรกเมื่อปี 2427 ในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวรัชกาลที่ 5 โดยท่านจอมพลเจ้าพระยา สุรศักดิ์มนตรี (เจิม แสงชูโต) ปัจจุบันประเทศไทยมีกำลังการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 34,454.28 MW หรือ 67.94% จากที่สามารถผลิตได้ประมาณ 50,715.30 MW ด้วยศักยภาพทางพลังงานไฟฟ้าและประเทศไทยมีศักยภาพสูงในการเป็นศูนย์กลางทางการแพทย์ (Medical Hub) เนื่องจากหลายปัจจัย เช่น ความเชี่ยวชาญของแพทย์ ค่าใช้จ่ายในการรักษาที่ต่ำกว่าหลายประเทศ และสถานพยาบาลที่มีมาตรฐานสูง นอกจากนี้ การบริการทางการแพทย์ที่หลากหลายและเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ทันสมัยยังเป็นจุดแข็งอีกด้วย โดยผู้ป่วยหรือญาติผู้ป่วยก็สามารถอยู่อาศัยพักผ่อนร่วมด้วยในขณะดูแลหรือพักฟื้นฟูหลังการรักษาก็ยังสะดวกสบายในหลากลายบรรยากาศที่แสนดีของประเทศไทย

การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับสถานพยาบาลเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญอย่างมาก เนื่องจากการดำเนินงานของสถานพยาบาลต้องการพลังงานไฟฟ้าจำนวนมากเพื่อให้บริการอย่างต่อเนื่องและมีประสิทธิภาพ การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในสถานพยาบาลมีหลายด้านที่ต้องพิจารณา เช่น ด้านความปลอดภัย ความน่าเชื่อถือได้ ความมีเสถียรภาพ ความมั่นคง และความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ รวมถึงการประหยัดพลังงาน การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และการใช้พลังงานทดแทน โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารสถานพยาบาลดังนี้

1. ระบบปรับอากาศ (HVAC) ระบบ HVAC การระบายอากาศ และ ระบบทำความร้อน โดยระบบปรับอากาศถือเป็นหนึ่งในภาคส่วนที่บริโภคพลังงานส่วนใหญ่ที่สุดในสถานพยาบาล เนื่องจากต้องรักษาอุณหภูมิและคุณภาพอากาศในระดับที่เหมาะสมสำหรับผู้ป่วยและบุคลากร รวมถึงการทำความดันห้องเป็นทั้งความดันบวกและความดันลบในแต่ละกรณี ที่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าร่วมด้วย

2. เครื่องมือและอุปกรณ์ทางการแพทย์ เครื่องมือทางการแพทย์ เช่น เครื่อง X-ray, MRI, CT scan และอุปกรณ์เครื่องมือทางการแพทย์อื่นๆ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง การเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพและการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ ก็จะช่วยลดการใช้พลังงานได้

3. ระบบแสงสว่าง สถานพยาบาลต้องการแสงสว่างที่เพียงพอทั้งภายในและภายนอกอาคาร การใช้แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพ เช่น หลอด LED และระบบควบคุมแสงสว่างอัตโนมัติ เพื่อประหยัดพลังงาน

4. ระบบ IT คอมพิวเตอร์ เซิร์ฟเวอร์ และอุปกรณ์ระบบการสื่อสารต่างๆ ในสถานพยาบาลต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการทำงาน การปรับปรุงระบบ IT ให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจะช่วยลดการใช้พลังงานได้

การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าในสถานพยาบาลจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องให้ความใส่ใจ การใช้เทคโนโลยีที่มีประสิทธิภาพ การบำรุงรักษาอุปกรณ์อย่างสม่ำเสมอ และการส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทนเป็นวิธีการที่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานและลดค่าใช้จ่าย รวมถึงเพิ่มความยั่งยืนให้กับสถานพยาบาลในระยะยาว

อาคารสถานพยาบาลโดยส่วนใหญ่จะมีการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งมาตรฐานดังกล่าวได้จัดทำร่วมกับการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและผังเมือง ภาครัฐอื่น ๆ คณาจารย์ ภาคส่วนผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า ภาคส่วนผู้รับเหมาติดตั้งระบบไฟฟ้าและภาคส่วนต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เมื่ออาคารสถานพยาบาลได้ออกแบบแล้วเสร็จ ก็จะมีการยื่นขออนุญาต การไฟฟ้าฯ ก็จะมีการเตรียมระบบจำหน่ายจ่ายไฟฟ้าให้กับสถานพยาบาลดังกล่าว ดังนั้นการออกแบบที่มีการเผื่อโหลดการใช้งานที่มากเกินไป ก็จะมีผลโดยตรงกับงบประมาณ ที่ต้องลงทุนสูงเพื่อเผื่อการใช้กระแสไฟฟ้าและสายป้อนให้สำหรับอาคารฯและในส่วนของการไฟฟ้าฯ ก็ต้องเผื่อการใช้กระแสไฟฟ้าในอนาคต หรือสำหรับโครงการอื่นๆ หรือส่วนอื่นๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ก็จะเกิดเป็นลูกโซ่การลงทุนที่สูงเกินของทุกภาคส่วน และหากมีการออกแบบที่พอดี ก็จะมีการลงทุนที่เหมาะสมคุ้มค่าเงินลงทุน ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากมาก หรือ การออกแบบที่ไม่เผื่อ หรือ เผื่อไม่เพียงพอก็จะเกิดความเสียหายที่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม และปัญหาอื่นๆ อีกมากมายตามมาภายหลัง

การวิจัยเรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์และประเมินผลว่า การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้ามีความปลอดภัยและมีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ในระดับใด โดยปกติสถานพยาบาลจะมีการเลือกทำเลที่ตั้ง ที่มีอัตราความหนาแน่นของประชากร ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และปัจจัยความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค เช่น ใกล้ทางด่วน ใกล้ถนนสายหลัก ใกล้รถไฟฟ้า ใกล้รถประจำทาง เป็นต้น เพื่อให้ข้อมูลได้ประสิทธิภาพในส่วนของจำนวนผู้ใช้ริการและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม ที่สะท้อนถึงความปลอดภัยและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จึงมีการพิจารณษช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลที่มีการใช้พลังงานโดยรวมในเกณฑ์การใช้ที่งาน

ผลการวิจัยผลละกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าฯ ครั้งนี้นั้น น่าจะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยหาแนวทางในการบริหารจัดการและการปรับหลักเกณฑ์ในการออกแบบ การติดตั้งฯ เพื่อให้เกิดการใช้งานที่ปลอดภัย ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างอาคารสถานพยาบาลที่กำลังจะก่อสร้าง หรือที่กำลังออกแบบด้วย รวมถึงอาคารที่ใช้อยู่ให้เกิดความปลอดภัยในการตั้งค่าการใช้งานให้เกิดความสัมพันธ์กันทั้งระบบไฟฟ้า

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.2.1 เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าในอาคารสถานพยาบาล

1.2.2 เพื่อประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล

1.2.3 เพื่อศึกษาหาแนวทางการเพิ่มเติมความปลอดภัยในการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคาร

1.2.4 เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

1.3.1 เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารฯ

1.3.2 เพื่อประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด และเปรียบเทียบกับการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า ให้เห็นถึงความแตกต่างจากการใช้พลังงานไฟฟ้า และการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าจริง

1.3.3 เพื่อหาแนวทางบริหารจัดการการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เกิดความปลอดภัยในอาคารฯ

1.3.4 เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาแนวทางการลดต้นทุนให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์และเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับงานวิจัย ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาล สำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย อาคารสถานพยาบาลในประเทศไทยมีอัตราการเพิ่มขึ้นอย่างสูงมาก ซึ่งเป็นไปตามอัตราการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจแบบกระจายทั่วไทย โดยงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นอาคารสถานพยาบาลที่มีการเลือกใช้ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายที่มีพิกัดไฟฟ้าแรงดันปานกลางที่ $\geq$ 12kV หรือ $\geq$ 1000kVA หรือที่เข้าข่ายอาคารสาธารณะ ที่จำเป็นต้องออกแบบตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยการออกแบบระบบไฟฟ้าดังกล่าวของ

อาคารฯ ต้องส่งให้ทางการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคอนุมัติก่อนการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคารฯ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความปลอดภัย ว่าเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงจะอนุญาติให้มีติดตั้งมิเตอร์ใช้ไฟฟ้าได้

จำนวนโรงพยาบาล (รพ.) ที่มีในประเทศไทย คือ รพ.ศูนย์ = 29 รพ.ทั่วไป = 68 รพ.ชุมชน/รพ.สมเด็จพระยุพราช = 798 รพ.ส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล = 11,045 รพ.นอก สธ. = 173 สำนักงานสาธารณะสุขจังหวัด = 76 สำนักงานสาธารณะสุขอำเภอ = 879 หน่วยงานส่วนกลาง = 69 รวมภาครัฐทั้งหมด = 13,137 รพ.ทั่วไปเอกชน = 354 รพ.เฉพาะเอกชน = 45 **รวมโรงพยาบาลทั้งหมด = 13,536** ที่มา: Thai Care Cloud ttps://www.thaicarecloud.org/report-cocs/show-overview สรุปยอดข้อมูล ณ วันอาทิตย์ ที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2567 เวลา 12:28:52 น.

ตาราง 1 จำนวนโรงพยาบาลหรือสถานพยาบาลในประเทศไทย

จำนวนหน่วยงาน	จำนวนทั้งหมด	ที่เป็นสมาชิก
โรงพยาบาลศูนย์	29	28
โรงพยาบาลทั่วไป	68	65
โรงพยาบาลชุมชน/รพ.สมเด็จพระยุพราช	798	709
โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพประจำตำบล	11,045	6,577
โรงพยาบาล นอก สธ.	173	98
สำนักงานสาธารณะสุขจังหวัด	76	61
สำนักงานสาธารณะสุขอำเภอ	879	427
หน่วยงานส่วนกลาง	69	11
รวมทั้งหมด	**13,137**	**7,976**
โรงพยาบาลทั่วไป เอกชน	**354**	**N/A**
โรงพยาบาลเฉพาะ เอกชน	**45**	**N/A**
รวมทั้งหมด	**13,536**	**7,976**

หมายเหตุ. จาก https://www.thaicarecloud.org/report-cocs/show-overview

ในการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของประเทศไทย ได้มีอัตราการเจริญเติบโตกระจายค่อนข้างทั่วเกือบทั้งประเทศ ทั้งนี้ประเทศไทยยังเป็นศูนย์กลางทางการแพทย์ของโลก จึงทำให้มีธุรกิจสถานพยาบาบเกิดขึ้นในประเทศไทยค่อนข้างสูงจากภาคส่วนของภาคเอกชนร่วมด้วย

สำหรับการเก็บข้อมูลข้อมูลการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าและการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่เมนเบรกเกอร์ ที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการออกแบบและการ

เลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า ซึ่งพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับ อาคารสถานพยาบาล นั้นต้องเริ่มต้นโดยมีรายการคำนวนในส่วนวงจรย่อยของในแต่ละห้องผู้ป่วย ห้องฉุกเฉิน ห้องผ่าตัด แต่ละแผนกการรักษา แต่ละชั้น รวมถึงโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าของส่วนกลางที่มีการใช้งานร่วมกันของอาคารสถานพยาบาล เช่น ลิฟท์ ปั๊มน้ำ แสงสว่าง เครื่องปรับอากาศส่วนกลาง เป็นต้น เพื่อนำมาคำนวณและออกแบบ เลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้กับอาคารฯ

ในส่วนการวิเคราะห์ และประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล เพื่อแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนหรือปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมเทียบกับที่ออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า นั้นมีความใกล้เคียงหรือแตกต่างกัน หรือความเหมาะสมกับการใช้งาน หรือมีความปลอดภัยเพียงพอระดับใดๆ โดยจะเน้นในช่วงเวลาที่มีอัตราการใช้บริการกันอย่างมาก เช่น เวลาช่วง 10.00 - 15.00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่ประชาชนหรือผู้ป่วยส่วนใหญ่เข้ามาใช้บริการทางการแพทย์อย่างเต็มที่ในวันราชการ หรือ วันจันทร์ ถึง วันศุกร์

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1.5.1 กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.5.1.1 อาคารสถานพยาบาล

1.5.1.2 อาคารสถานพยาบาล ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า > 1,000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase ตามข้อกำหนด พระราชบัญญัติสภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร โดยใช้ข้อมูลอาคารสถานพยาบาล จากอดีตถึงปัจจุบัน มีจำนวน รพ. ทั้งสิ้น 13,536 ที่มา: Thai Care Cloud ttps://www.thaicarecloud.org/report-cocs/show-overview สรุปยอดข้อมูล ณ วันอาทิตย์ ที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2567 เวลา 12:28:52 น.

1.5.2 พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ประเทศไทย

1.5.3 ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และประเมินผล มีดังนี้

1.5.3.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 10.00 - 12.00น. หรือ 13.00 - 16.00 น. วันจันทร์ ถึง วันศุกร์ หรือ ช่วงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

1.5.3.2 ช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล 16 กุมภาพันธ์ 2564 – 15 สิงหาคม 2567

1.5.3.3 ระยะเวลาในการวิจัย 15 กรกฎาคม 2567 – 31 สิงหาคม 2567

1.6 สมมติฐานของการวิจัย

1.6.1 สามารถบันทึก วิเคราะห์และประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของกระแสไฟฟ้าในอาคารสถานพยาบาล ในประเทศไทย ว่ามีการใช้พลังงานโดยรวมมากกว่าหรือน้อยกว่าหรือเหมาะสมกับการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้า ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าเพียงใด

1.6.2 การปรับตั้งค่าการใช้งานของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อการป้องกันระบบไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล ในประเทศไทย

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

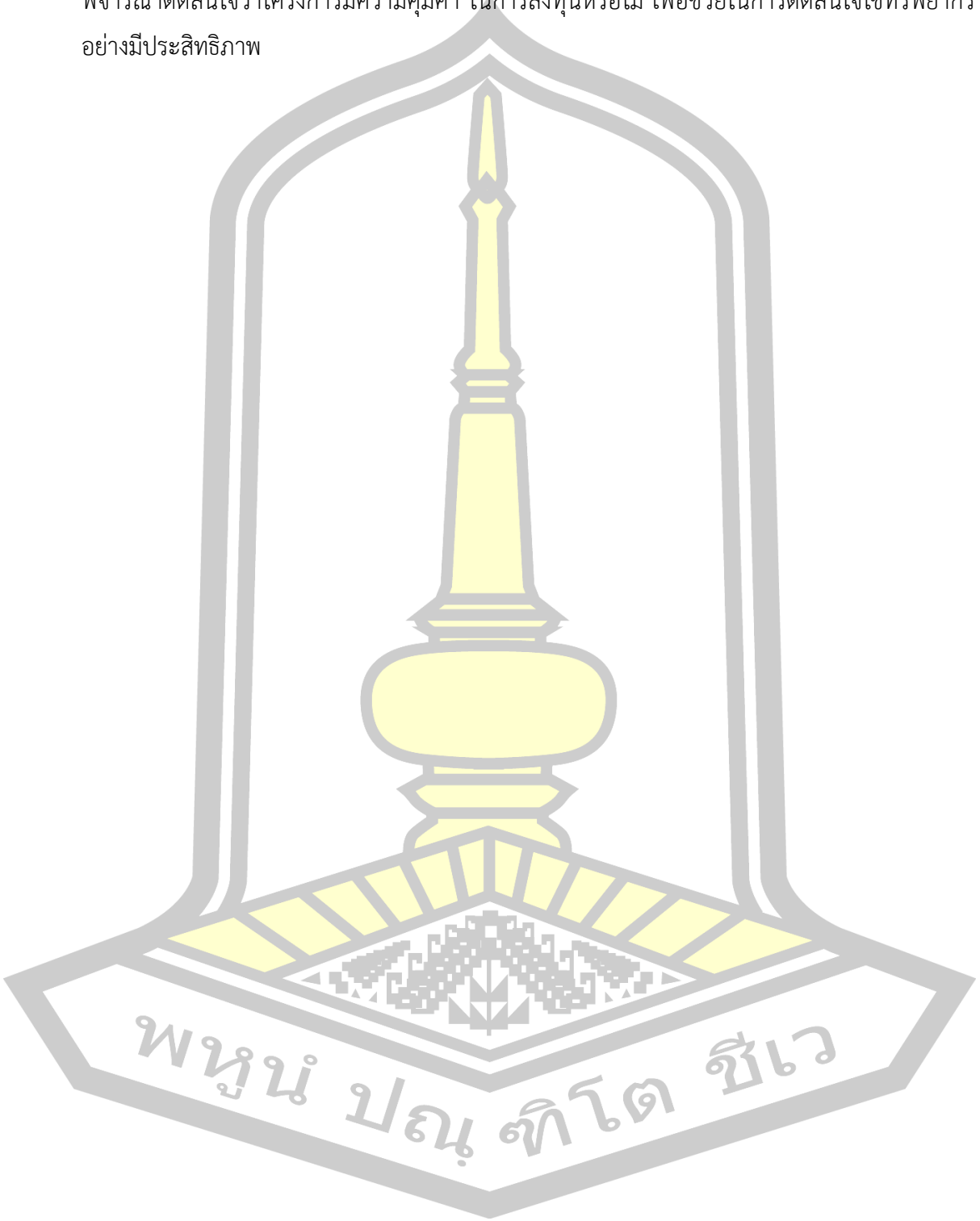
1. สถานพยาบาล ตามพระราชบัญญัติสถานพยาลาล พ.ศ. ๒๕๔๑ หมายถึง สถานที่รวมตลอดถึงยานพาหนะซึ่งจัดไว้เพื่อการประกอบโรคศิลปะตามกฎหมายว่าด้วยการประกอบโรคศิลปะ การประกอบวิชาชีพเวชกรรมตามกฎหมายว่า ด้วยวิชาชีพเวชกรรม การประกอบวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพการพยาบาลและการผดุงครรภ์ การประกอบวิชาชีพทันตกรรมตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพทันตกรรมการประกอบวิชาชีพกายภาพบาบัดตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพกายภาพบาบัดการประกอบวิชาชีพ เทคนิคการแพทย์ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพเทคนิคการแพทย์ การประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยและการประกอบวิชาชีพการแพทย์แผนไทยประยุกต์ตามกฎหมายว่าด้วยวิชาชีพการแพทย์แผนไทย หรือการประกอบวิชาชีพทางการแพทย์และสาธารณสุขอื่นตามกฎหมายว่าด้วยการนั้น ทั้งนี้ โดยกระท าเป็นปกติธุระ ไม่ว่าจะได้รับประโยชน์ตอบแทนหรือไม่

2. บริภัณฑ์ (equipment) หมายถึง สิ่งซึ่งรวมทั้งวัสดุ เครื่องประกอบ อุปกรณ์ เครื่องใช้ไฟฟ้า ดวงโคม เครื่องสำเร็จและสิ่งที่คล้ายกัน ที่ใช้เป็นส่วนหนึ่งหรือใช้ในการต่อเข้ากับการติดตั้งทางไฟฟ้า (มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์)

3. อาคาร หมายถึง ตึก บ้าน เรือน โรง ร้าน แพ คลังสินค้า สำนักงาน และสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่น ซึ่งบุคคลอาจ เข้าอยู่หรือเข้าใช้สอยได้ และหมายความรวมถึง (1) อัฒจันทร์หรือสิ่งที่สร้างขึ้นอย่างอื่นเพื่อใช้เป็นที่ชุมนุมของประชาชน (ตามกฎกระทรวงฉบับที่ 33 พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

4. ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ของโครงการ ใช้หลักการวิเคราะห์ต้นทุนและ ผลประโยชน์ (Cost Benefit Analysis) เป็นการพิจารณา

ว่าผลประโยชน์ของโครงการมากกว่าหรือ น้อยกว่าต้นทุนของโครงการ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพิจารณาตัดสินใจว่าโครงการมีความคุ้มค่า ในการลงทุนหรือไม่ เพื่อช่วยในการตัดสินใจใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารต่างๆ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
2. การออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้า
3. ช่างไฟฟ้า และวิศวกรไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ
4. 108 คำถาม กับเรื่องช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 อย่างมืออาชีพ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2556 ได้ใช้งานมาแล้วระยะหนึ่งนั้น ปัจจุบันเทคโนโลยีด้านวัสดุ อุปกรณ์ การติดตั้ง และมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงเปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะมาตรฐานการผลิตสายไฟฟ้าที่จัดทำโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก.11-2553 และ มอก.11 เล่ม 101-2559 ประกอบกับมีข้อบกพร่องบางประการที่ตรวจพบ ทำให้มีความจำเป็นที่จะต้องมีการปรับปรุงมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ นี้ขึ้น

เนื่องจากมาตรฐานฯ นี้พิมพ์ขึ้นครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2545 มีการปรับปรุง เมื่อ พ.ศ.2551 และ 2556 ปัจจุบันเป็นฉบับพ.ศ. 2564 จึงอาจทำให้หลายหน่วยงานที่อ้างอิงมาตรฐานฯ นี้เกิดความสับสนว่าการอ้างอิงที่ระบุไว้แต่เดิมนั้นยังคงสามารถใช้กับมาตรฐานฯฉบับใหม่นี้ได้หรือไม่ คณะกรรมการฯ ปรับปรุงมาตรฐานฯ จึงมีความเห็นว่า ในการอ้างอิงนั้นให้ยึดถือชื่อ “มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย” เป็นหลักโดยให้ถือว่า พ.ศ. ที่ต่อท้ายมาตรฐานฯ นั้นเป็นเพียงส่วนเสริมที่ใช้แสดงปีที่จัดทำเท่านั้น ในการอ้างอิงให้ถือตามฉบับล่าสุด นอกจากจะระบุไว้เพื่อจุดประสงค์ใดจุดประสงค์หนึ่งโดยเฉพาะเท่านั้น คณะกรรมการปรับปรุงมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ นี้ประกอบด้วยผู้แทนจากหลายหน่วยงานเช่น การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและผังเมือง สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย และสมาคมวิศวกรที่ปรึกษาเครื่องกลและ

ไฟฟ้าไทย คณาจารย์จากสถาบันอุดมศึกษา ผู้ผลิต และผู้เชี่ยวชาญอิสระ เป็นต้น ทั้ง นี้เพื่อให้ครอบคลุมผู้ที่เกี่ยวข้องอย่างครบถ้วน

มาตรฐานฉบับนี้บังคับใช้เฉพาะผู้ใช้ไฟเท่านั้น มิได้บังคับครอบคลุมการออกแบบหรือติดตั้งของการไฟฟ้าฯ มาตรฐานฉบับนี้เหมาะสำหรับผู้ที่ได้รับการอบรม หรือผู้ที่มีความรู้ทางด้านการออกแบบหรือติดตั้งระบบไฟฟ้าเป็นอย่างดีเท่านั้น ผู้ใช้มาตรฐานฯ ควรใช้อย่างระมัดระวังและมีวิจารณญาณ กรณีที่ไม่มั่นใจควรขอคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญในการตัดสินใจ วสท. ไม่รับผิดชอบต่อทรัพย์สินส่วนบุคคลใด ๆ รวมทั้ง การบาดเจ็บหรือความเสียหายอื่น ๆ ที่เป็นผลสืบเนื่องทั้งโดยตรงหรือโดยอ้อมที่เกิดจากการเผยแพร่การใช้หรือการปฏิบัติตามมาตรฐานฯ และไม่ได้รับประกันความถูกต้องหรือความครบถ้วนสมบูรณ์ของข้อมูลใด ๆ ในมาตรฐานฯ ฉบับนี้

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ จึงขอขอบคุณคณะกรรมการ คณะอนุกรรมการ และ ผู้สนับสนุนทุกท่าน ที่ได้เสียสละเวลามาช่วยงานจนสำเร็จลุล่วงไปได้ และหากพบข้อผิดพลาดประการใด โปรดแจ้งให้ วสท. ทราบด้วยเพื่อจะได้แก้ไขปรับปรุง ต่อไป

2.1.1 ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย

ในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าในระบบแรงต่ำวงจรย่อยถือเป็นส่วนสำคัญที่ต้องตรวจสอบข้อมูลโหลดตามลักษณะการใช้งานเพื่อคำนวณและออกแบบกำหนดขนาดตัวนำการป้องกันกระแสเกิน และต้องทำการป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่บริเวณใช้งานด้วยสำหรับสายป้อน ค่าดีมานด์แฟกเตอร์จะนำไปใช้คำนวณโหลดของสายป้อน เพื่อกำหนดขนาดตัวนำและการป้องกันกระแสเกินของสายป้อนให้มีขนาดเหมาะสมและใช้งานได้เพียงพอทั้งนี้ตัวนำประธานและบริภัณฑ์ประธาน ได้มีข้อกำหนดเพื่อให้ระบบไฟฟ้าดังกล่าวทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

1.1 วงจรย่อย

1.1.1 ขอบเขต

ให้ใช้กับวงจรย่อยสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือทั้งไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้ารวมกัน

1.1.2 ขนาดพิกัดวงจรย่อย

1.1.3 ขนาดตัวนำของวงจรย่อย

ตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ ตามข้อ 3.1.6 และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย และกำหนดให้ขนาดตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 ตร. มม.

1.1.4 การป้องกันกระแสเกิน

วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

1.1.5 โหลดสำหรับวงจรย่อย

วงจรย่อยซึ่งมีจุดต่อไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป ลักษณะของโหลดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

1.1.5.1 วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ โหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบแต่ละเครื่องจะต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย กรณีมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบรวมอยู่ด้วยโหลดที่ติดตั้งถาวรรวมกันแล้วจะต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย

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

1.1.5.3 วงจรย่อยขนาดเกิน 32 ถึง 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์หรือใช้กับเครื่อง ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรวงจรย่อยขนาดเกินกว่า 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับโหลดที่ไม่ใช่แสงสว่างเท่านั้น

1.1.6 การคำนวณโหลดสำหรับวงจรย่อย

1.2 สายป้อน

1.2.1 ขนาดตัวนำของสายป้อน

สายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้และไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และกำหนดให้ขนาดตัวนำของสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 ตารางมิลลิเมตร

1.2.2 การป้องกันกระแสเกิน

สายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

1.2.3 การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อน

โหลดของสายป้อนต้องคำนวณตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

1.2.3.1 สายป้อนต้องมีขนาดกระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลดและต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

1.2.3.2 โหลดแสงสว่าง อนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 3-1

1.2.3.3 โหลดของเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย อนุญาตให้ใช้ดีมานด์ แฟกเตอร์ตามตารางที่ 3-2 ได้เฉพาะโหลดของเต้ารับที่มีการคำนวณโหลดแต่ละเต้ารับไม่เกิน 180 โวลต์แอมแปร์

1.2.3.4 โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป อนุญาตให้ใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ได้ เต้ารับในอาคารที่อยู่อาศัยที่ต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทราบโหลดแน่นอนให้คำนวณโหลดจากเต้ารับที่มีขนาดสูงสุด 1 เครื่องรวมกับร้อยละ 40 ของขนาดโหลดในเต้ารับที่เหลือ

1.2.3.5 ดีมานด์แฟกเตอร์นี้ให้ใช้กับการคำนวณสายป้อนเท่านั้นห้ามใช้กับการคำนวณวงจรย่อย

1.2.4 ขนาดตัวนำนิวทรัล (Neutral)

ขนาดตัวนำนิวทรัล ต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1.3 การป้องกันกระแสเกินสำหรับวงจรย่อยและสายป้อน

วงจรย่อยและสายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และเครื่องป้องกันกระแสเกิน ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมสำหรับดวงโคมหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมเหล่านี้ จะใช้แทนเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยไม่ได้และไม่จำเป็นต้องเข้าถึงได้ทันที

1.4 ตัวนำประธาน (Service Conductor)

ตัวนำประธานต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้ และตัวนำประธานที่จ่ายไฟฟ้า ให้กับอาคารหลังหนึ่งๆ หรือผู้ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งต้องมีชุดเดียว

ตอน ก. สำหรับระบบแรงต่ำ

1.4.1 ตัวนำประธานอากาศสำหรับระบบแรงต่ำ ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนที่เหมาะสมและต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคยอมให้ใช้สายอะลูมิเนียมหุ้มฉนวนที่เหมาะสมเป็นตัวนำประธานได้เฉพาะการเดินสายลอยในอากาศบนวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร แต่ทั้งนี้ขนาดต้องไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

1.4.2 ตัวนำประธานใต้ดินสำหรับระบบแรงต่ำ ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

1.5 บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

ตอน ก. สำหรับระบบแรงต่ำ

ตาราง 2 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัด กฟน.

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (แอมแปร์)	**พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (แอมแปร์)**	**โหลดสูงสุด (แอมแปร์)**
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 พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ประเภทที่ปรับค่าพิกัดได้ ให้ใช้ค่าสูงสุดเป็นเกณฑ์) มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้

ตาราง 3 ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธาน (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (แอมแปร์)	ขนาดตัวนำประธานเล็กที่สุดที่ยอมให้ใช้ได้ (ตร.มม.)		บริภัณฑ์ประธาน				
			เซฟตีสวิตช์หรือโหลดเบรกสวิตช์		คัตเอาต์ใช้ร่วมกับคาร์ทริดจ์ฟิวส์		เซอร์กิตเบรกเกอร์
	สายอะลูมิเนียม	สายทองแดง	ขนาดสวิตช์ต่ำสุด (A)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (A)	ขนาดคัทเอาท์ต่ำสุด (A)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (A)	ขนาดปรับตั้งสูงสุด (A)
5 (15)	10	4	30	15	20	16	16
15 (45)	25	10	60	40-50	-	-	50
30 (100)	50	35	100	100	-	-	100
5 (100) 1P, 3P	10	4	30	16	20	16	16
	1025	10	60	50	-	-	50
	50	50	100	100	-	-	100
200, 3P (ประกอบ LV CT)	50	35	-	-	-	-	125
	70	50	-	-	-	-	160
	95	70	-	-	-	-	200

หมายเหตุ

1 สำหรับตัวนำประธานภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง

2 ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศวัสดุฉนวนภายนอกอาคารหากวิธีเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประธานในบทที่ 5 แต่ทั้งนี้ ขนาดตัวนำประธานต้องรับกระแสไม่น้อยกว่าขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตาราง

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

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

5 1P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 1 เฟส 2 สาย

3P หมายถึง เครื่องวัดฯ ชนิด 3 เฟส 4 สาย

6 ขนาดตัวนำประธานตามตารางยังไม่ได้พิจารณาผลจากแรงดันตก

7 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธาน ให้อ้างอิงกับมาตรฐานปัจจุบันของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.1.2 ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ

ข้อกำหนดในบทนี้เกี่ยวกับการเดินสายในระบบแรงต่ำ แรงสูงวิธีการเดินสายแบบต่างๆ และขนาดกระแสของสายสำหรับวิธีการเดินสายต่างๆ รวมถึงกล่องสำหรับงานไฟฟ้า แผงสวิตช์ แผงย่อยและสายไฟฟ้า

2.1 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงต่ำ

2.1.1 ขอบเขต ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมการเดินสายทั้งหมด ยกเว้นการเดินสายที่เป็นส่วนประกอบภายในของบริภัณฑ์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ แผงควบคุมและแผงสวิตช์ต่างๆ ซึ่งประกอบสำเร็จรูปจากโรงงานการเดินสายนอกเหนือจากที่กล่าวในบทนี้อนุญาตให้ทำได้แต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ ก่อน

2.1.2 การเดินสายไฟของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน

2.1.3 การป้องกันความเสียหายทางกายภาพของสายไฟ

2.1.4 การติดตั้งใต้ดิน

3.2 การบริหารการออกแบบและการติดตั้งระบบไฟฟ้า

ระบบไฟฟ้าถือเป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งสำหรับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ที่มาพร้อมกับที่อยู่อาศัยช่วยอำนวยความสะดวก ช่วยชีวิตมนุษย์และสัตว์ให้ลดการเสียชีวิต สำหรับในประเทศไทยงานระบบไฟฟ้าและเครื่องกลถือว่ายังถูกละเลย ไม่ได้รับความใส่ใจจากเจ้าของโครงการหรือส่วนงานที่เกี่ยวข้อง จึงทำให้เจ้าของอาคารหรือผู้ใช้อาคารได้รับผลกระทบอย่างหนักในการใช้งานตลอดอย่างยาวนาน ยิ่งไม่มีการบำรุงรักษาดูแลอย่างใกล้ชิด ก็ยิ่งสร้างปัญหาให้กับผู้อยู่อาศัยผู้ใช้งานอย่างยิ่งยวด ทั้งนี้ขอสรุปขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้าหลักๆ (เตชทัต, 2567) ดังนี้

1. การออกแบบงานสถาปัตยกรรม โครงสร้าง และงานส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันของทุกๆ อาคาร ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า ต้องสอบถามความต้องการใช้ไฟฟ้าอย่างละเอียดทุกจุด สำหรับ

ประเทศไทยจะออกแบบโครงสร้างอาคารและงานสถาปัตยกรรมก่อน แล้วค่อยออกแบบงานระบบไฟฟ้าและระบบเครื่องกลใส่ในอาคาร ทั้งนี้ขณะที่ออกแบบงานสถาปัตยกรรมและส่วนโครงสร้างอาคาร ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้าสามารถทำสำรวจความต้องการของผู้ใช้ร่วมด้วย

ภาพประกอบ 1 ภาพประกอบงานด้านภูมิทัศน์และสถาปัตยกรรม

สำหรับงานออกแบบระบบไฟฟ้ามีองค์ประกอบและปัจจัยหลายอย่างที่เราจะต้องนำมาพิจารณาในแต่ละโครงการที่แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดและลักษณะการใช้งานของแต่ละโครงการนั้นๆ ในหลายโครงการส่วนที่เป็นขั้นตอนร่วมที่คล้ายคลึงกันสำหรับงานออกแบบของทุกโครงการงานระบบไฟฟ้าจะต้องทำงานร่วมกับส่วนงานต่าง ๆ เช่น

1.1 งานด้านภูมิทัศน์ และงานสถาปัตยกรรม

1.2 งานด้านเครื่องกล

1.3 งานด้านประปาน้ำดีน้ำเสีย และงานสิ่งแวดล้อม (ตำแหน่งและเส้นทาง)

1.4 การไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคที่ขึ้นกับแต่ละพื้นที่ตั้งของโครงการ (พื้นที่ตั้ง ตำแหน่งและเส้นทางของระบบไฟฟ้า)

2. การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังอาจแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาแบบทางด้านภูมิทัศน์และงานสถาปัตยกรรมอย่างละเอียด เช่น

2.1.2 งานระบบไฟฟ้า หรืองานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบไฟฟ้าสำหรับภายนอกอาคาร

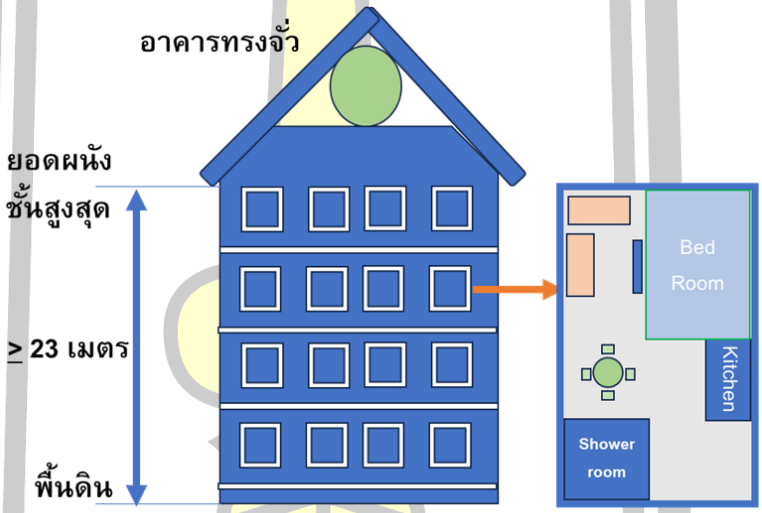
2.1.2 ปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าของแต่ละชั้น จำนวนชั้น ความสูงของแต่ละชั้น และความสูงทั้งหมดของอาคาร กฎหมายที่เกี่ยวข้องกับอาคารสูง อาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ เป็นต้น

2.1.3 ความต้องการใช้งานแต่ละส่วนต่าง ๆ ของอาคาร เช่น ห้องประชุม สำนักงาน ห้องพัก ทางเดิน การใช้งานภายนอกอาคาร เป็นต้น

2.1.4 ประเภทของเพดานแบบเปลือย หรือแบบมีฝ้า ฝ้าแบบ T - BAR หรือ ฝ้าแบบเรียบ

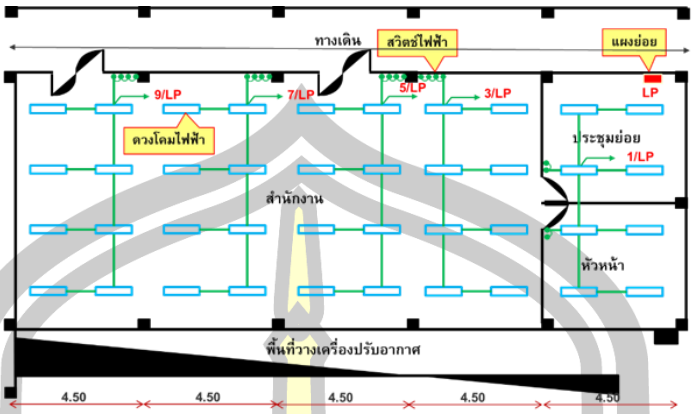
2.1.5 ทำเลหรือพื้นที่ที่จะเลือกห้องไฟฟ้า ต้องมีขนาดเพียงพอสำหรับการปฏิบัติงานและเปลี่ยนซ่อมบำรุงบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ที่สุด เช่น หม้อแปลง แผงสวิตช์ เป็นต้น

2.1.6 ช่องเดินสายไฟฟ้า (electrical shaft)



ภาพประกอบ 2 การออกแบบระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

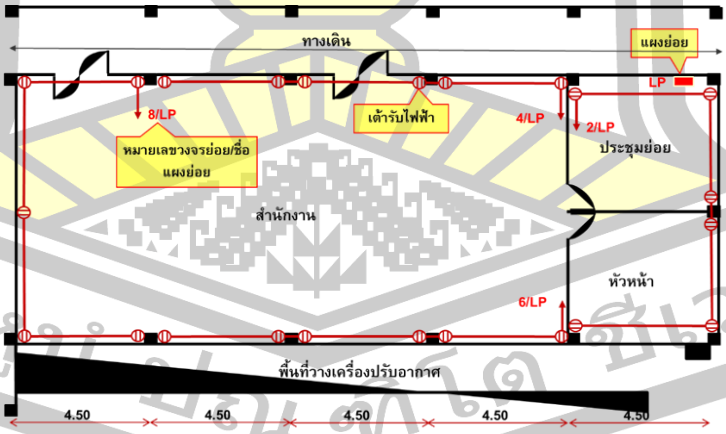
2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามความต้องการการใช้งานส่วนต่างๆ ของทั้งภายนอกและภายในอาคาร การเลือกชนิดหลอด ชนิดโคมไฟ และตำแหน่งของการติดตั้งโคมไฟ เช่น ห้องทำงานที่ต้องการความส่องสว่าง 500 lux เป็นต้น



ภาพประกอบ 3 การออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

หมายเหตุ จาก เอกสารประกอบการสัมมนา ความรู้พื้นฐานในงานช่างไฟฟ้า รุ่นที่ 6, โดย เอกชัย ประสงค์, 2563, โรงเรียนข้าราชการส่วนท้องถิ่น, จังหวัดปทุมธานี.

2.3 การออกแบบระบบเต้ารับ โดยต้องสอบถามการใช้งานและการประเมินการใช้ตามลักษณะการใช้งานที่ผู้ออกแบบต้องมีประสบการณ์ การออกแบบตำแหน่งเต้ารับที่ส่วนมากจะวางตามเสาหรือตามผนังหรือตามมุมต่างๆ สำหรับที่ชั้นระดับพื้นดิน (Ground Floor) หรือระดับชั้นที่ล่าง หรือระดับชั้นที่น้ำมีโอกาสท่วมถึง หรือชั้นล่างของบ้านที่อยู่อาศัย ห้ามติดตั้งเต้ารับที่ระบบสูงจากพื้นไม่มากนัก เช่น ห้ามติดตั้งเต้ารับสูงจากพื้น 20 – 30 ซม. เนื่องจากมีโอกาสเสี่ยงกับไฟรั่วเมื่อมีน้ำท่วมถึง หรือเสี่ยงกับเด็กๆที่คลาน หรือยังไม่รู้ถึงอันตรายจากการใช้ไฟฟ้า

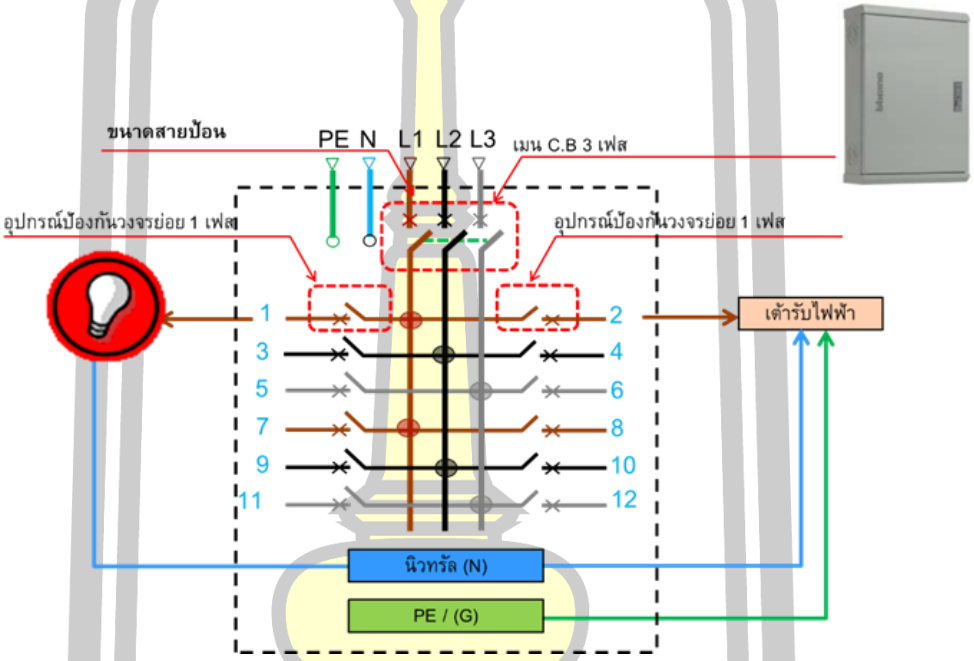


ภาพประกอบ 4 การออกแบบระบบเต้ารับไฟฟ้า

หมายเหตุ จาก เอกสารประกอบการสัมมนา ความรู้พื้นฐานในงานช่างไฟฟ้า รุ่นที่ 6, โดย เอกชัย ประสงค์, 2563, โรงเรียนข้าราชการส่วนท้องถิ่น, จังหวัดปทุมธานี.

2.4 การออกแบบเครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ไฟฟ้า หรือสิ่งอำนวยความสะดวกที่เกี่ยวข้องต้องใช้ไฟฟ้า เพื่อกำหนดตำแหน่งและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากเจ้าของโครงการหรือตามกระบวนการผลิต หรือตามความต้องการใช้งาน

2.5 การออกแบบความเกี่ยวข้อง ความสัมพันธ์ เพื่อกำหนดตำแหน่งของแผงจ่ายไฟฟ้าที่จะจ่ายไฟฟ้าให้โหลดแต่ละส่วนแต่ละพื้นที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้า



ภาพประกอบ 5 แผงจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส หรือที่นิยมเรียกว่า Load center หรือ L/C

หมายเหตุ. จาก เอกสารประกอบการสัมมนา ความรู้พื้นฐานในงานช่างไฟฟ้า รุ่นที่ 6, โดย เอกชัย ประสงค์, 2563, โรงเรียนข้าราชการส่วนท้องถิ่น, จังหวัดปทุมธานี.

2.6 การออกแบบวงจรย่อยสำหรับโหลดต่างๆ โดยต้องคำนึงถึงแผงจ่ายไฟฟ้าว่าต้องมีวงจรย่อยสูงสุดกี่วงจร โดยต้องทราบรายละเอียดของแผงจ่ายไฟฟ้า 3 เฟส หรือที่นิยมเรียกว่า Load center หรือ L/C ที่มีจำนวนวงจรย่อยตั้งแต่ 12 – 48 วงจร และวงจรย่อย 1 เฟส ที่ใช้ Consumer unit มีตั้งแต่ 4 – 20 วงจร ถ้าวงจรที่ใช้งานมีมากกว่านี้ ควรเพิ่มจำนวนแผงจ่ายไฟฟ้า L/C หรือ Consumer unit ตามจำนวนความต้องการ

2.7 การออกแบบจัดทำ Load Schedule ของแผงจ่ายไฟฟ้าให้ครบทุกแผง

2.8 การออกแบบจัดทำ Feeder Schedule ของ Distribution Board: DB จาก Panelboard

2.9 การออกแบบจัดรวบรวมโหลดของระบบอื่นๆ ที่ใช้ไฟฟ้าจากวิศวกรสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น

2.9.1 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

2.9.2 ระบบสุขาภิบาล

2.9.3 ระบบลิฟต์

2.9.4 ระบบบันไดเลื่อน

2.9.5 ระบบประตูเลื่อนไฟฟ้า เป็นต้น

2.10 การออกแบบ Riser Diagrams

2.11 การออกแบบจัดทำ Main Schedule เพื่อหาขนาดของ Main Distribution Board (MDB) การบริหารจัดหาขนาดมิเตอร์ ขนาดหม้อแปลง ขนาดสวิตช์เกียร์ไฟฟ้าแรงดันปานกลาง

2.12 การออกแบบจัดหาขนาด Standby Generator Set ถ้ามี จากแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Main Distribution Board, EMDB)

2.13 การออกแบบ Single Line Diagrams

2.14 การระบุหมายเหตุ หรือ ข้อกำหนดที่สำคัญ และในส่วนสัญลักษณ์ต่าง ๆ ที่มีในแบบ

3. การคำนวณวงจรย่อยและสายป้อน

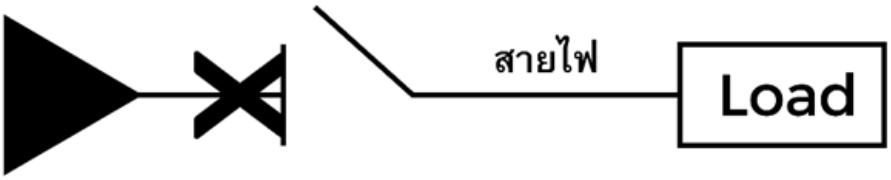
วงจรย่อย (Branch Circuit) หมายถึง ตัวนำวงจรในวงจรระหว่างอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินจุดสุดท้ายกับจุดจ่ายไฟ ซึ่งอาจแบ่งออกได้ดังนี้

วงจรย่อยสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า (Branch Circuit, Appliance) หมายถึง วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้จุดจ่ายไฟที่มีเครื่องใช้ไฟฟ้ามาต่อมากกว่า 1 จุดขึ้นไป เช่น วงจรไม่มีการต่อจากสายดวงโคม

วงจรย่อยสำหรับจุดประสงค์ทั่วไป (Branch Circuit, General Purpose) หมายถึง วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้กับจุดจ่ายไฟเพื่อใช้สำหรับแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้า

วงจรย่อยเฉพาะ (Branch Circuit, Individual) หมายถึง วงจรย่อยที่จ่ายไฟฟ้าให้บริภัณฑ์ใช้สอยหนึ่งชิ้นเท่านั้น

การคำนวณวงจรย่อยจึงต้องให้มีความสัมพันธ์กับส่วนของโหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า สายไฟ และบริภัณฑ์ไฟฟ้าในส่วนอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน จำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องทำความเข้าใจในเรื่องคุณสมบัติของโหลด สายไฟ และอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกิน ให้ทำงานได้อย่างสัมพันธ์กัน เพื่อความปลอดภัยของระบบไฟฟ้าอย่างแท้จริง



ภาพประกอบ 6 วงจรย่อยที่ประกอบไปด้วยเซอร์กิตเบรกเกอร์, สายไฟ และโหลด

ขั้นตอนการออกแบบคำนวณวงจรย่อยมีดังนี้

1. จากวงจรย่อยด้านบน การคำนวณวงจรย่อยอันดับแรกต้องรู้ถึงคุณสมบัติหรือลักษณะสมบัติของโหลดหรือเครื่อง ใช้ไฟฟ้า ว่าโหลดนี้มีลักษณะการใช้งานอย่างไร มีกราฟคุณสมบัติอย่างไรที่จะต้องหาบริภัณฑ์ไฟฟ้าสายไฟ และอุปกรณ์ป้องกันทำงานให้สัมพันธ์

2. จากข้อที่ 1 ต้องออกแบบคำนวณเลือกอุปกรณ์ป้องกัน เซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อป้องกันโหลด ควบคุมโหลดให้ได้อย่างปกติตามคุณสมบัติของโหลด และเซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถป้องกันกระแสเกินและกระแสลัดวงจรของโหลดได้ เพื่อไม่ให้โหลดเป็นอันตรายได้ โดยปกติที่ผ่านมากว่า 50 ปี ทั้งในประเทศไทยและในหลายๆ ประเทศก็มีความเข้าใจที่คลาดเคลื่อน จึงมีการใช้ตัวคูณ 1.25 หรือการเผื่อเพิ่มเติมอีก 25 % ที่นิยมเรียกกันว่า Safety factor ซึ่งผู้ผลิตเซอร์กิตเบรกเกอร์มีคุณสมบัติการใช้งานที่แตกต่างจากความเข้าใจนี้ เนื่องจากเมื่อกว่า 50 ปีที่ผ่านมา ทางอเมริกาได้เข้ามาตั้งฐานทัพในเมืองไทย มาช่วยพัฒนาด้านการก่อสร้างอาคารและงานระบบ โดยเซอร์กิตเบรกเกอร์ของอเมริกามีความสามารถในการทำงานเพียง 80 % เท่านั้น ในยุคนั้นผู้ออกแบบจึงต้องมีการเผื่อการใช้งานเพิ่มเติมอีก 25 % เพื่อให้เซอร์กิตเบรกเกอร์สามารถทำงานควบคุมและป้องกันโหลดได้ ทั้งนี้ในปัจจุบันเซอร์กิตเบรกเกอร์มากกว่า 95 % จะมาจากค่ายยุโรป ที่ได้เข้ามาในประเทศไทยและในนานาประเทศมากกว่า 40 ปีแล้ว เซอร์กิตเบรกเกอร์โดยส่วนใหญ่ของค่ายยุโรปที่มีมาตรฐาน IEC 60898, IEC 60947 และมาตรฐานอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เป็นที่นิยมใช้งานกันสากลทั่วโลก เซอร์กิตเบรกเกอร์จะมีความสามารถในการทำงานที่ 100 % ซึ่งมากกว่า 90% ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ในค่ายยุโรปจะมีความสามารถในการทำงานที่ 100 % ที่สามารถใช้งานร่วมกับโหลดนั้นๆ ได้ ดังนั้นมากกว่า 40 ปีที่ผ่านมา เราใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ค่ายยุโรป เราจะเผื่ออีก 25 % ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ 100 % มีการ Safety factor คูณเผื่ออีก 25 % จึงทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้งานนี้เป็น 100 % + 25 % = 125 % ทำให้การเลือกเซอร์กิตเบรกเกอร์มีขนาดใหญ่เกินไปไม่น้อยกว่า 25 % และในการเลือกสายไฟ เราก็จะเผื่อไปอีก 100 – 125 % ส่วนใหญ่ก็จะเผื่อไม่น้อยกว่า 25 % จากการเผื่อมากๆ การเลือกใช้งานดังกล่าวมีผลกระทบถึงสายป้อน กระทบวงจรที่อยู่ในระบบไฟฟ้าด้านบนอีกหลายๆส่วน ทำให้บริภัณฑ์ไฟฟ้าในระบบไฟฟ้าทุกๆ layer เช่น SDB, DB และ MDB มีการเผื่อทุกๆ layer จาก

การออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าดังกล่าว จะมีผลกระทบการขนาดของช่องเดินสาย พื้นที่ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ รวมถึงห้องไฟฟ้า เป็นต้น

3. จากข้อที่ 2 การออกแบบคำนวณเลือกใช้สายไฟ จะนำค่าที่เลือกขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์มาคูณ 1.25 หรือ 125 % เพื่อเลือกขนาดของสายไฟ ทั้งนี้การออกแบบเลือกใช้งานสายไฟสามารถเลือกขนาดสายไฟได้ 100 % - 125 % เพื่อเป็นการทำงานที่ไม่ให้เกิดอันตรายกับวงจรย่อย ในกรณีที่โหลดมีการทำงานอย่างต่อเนื่องหรือการทำงานที่เกินกำลัง หรือการทำงานเกินกำลังในภาวะผิดปกติ เซอร์กิตเบรกเกอร์จะคอยป้องกันโหลดและสายไฟ ไม่ให้เกิดอันตรายทั้งโหลดและสายไฟ

4. การใช้กราฟคุณสมบัติของโหลด เซอร์กิตเบรกเกอร์ และสายไฟ ทำการทดสอบลงในกราฟการทำงานที่มีความ สัมพันธ์ หรือ Coordination Curve Characteristic หรือการใช้โปรแกรมช่วยในการทดสอบความสัมพันธ์ในการทำงานของโหลดและบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ตัวอย่างกรณีศึกษาการคำนวณวงจรย่อย

วงจรย่อยโหลดเป็นฮีตเตอร์ 10 A ที่ 1 Phase 230 V 50 Hz เซอร์กิตเบรกเกอร์ติดตั้งใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 25oC การเดินสายไฟกลุ่มที่ 2 แบบร้อยท่อโลหะเกาะผนัง ชนิด 60227 IEC01 / IEC01 ที่ 38oC (Ca = 1) จงออกแบบคำนวณ เพื่อเลือกขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายไฟเพื่อใช้ในการควบคุมและป้องกันระบบไฟฟ้าของวงจรย่อยดังภาพ กำหนดให้ ฮีตเตอร์ ขนาด 10 A การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ใช้งานที่ไม่เกิน 30 °C

ภาพประกอบ 7 วงจรโหลดย่อยฮีตเตอร์

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 4 ตารางเปรียบเทียบการออกแบบคำนวณที่เหมาะสมและวิธีแบบเดิม

การออกแบบคำนวณที่เหมาะสม	**การออกแบบคำนวณวิธีแบบเดิม**
ขนาดโหลดเป็นฮีตเตอร์ = 10 A 1.การหาขนาด CB = 10 A **ดังนั้นเลือกขนาด CB. = 10 A หรือ 10AT** **= C10 กราฟแบบ C** **ขนาด CB ที่เหมาะสมจะต่างกับวิธีแบบเดิม 60%**	ขนาดโหลดฮีตเตอร์ = 10 A 1.การหาขนาด CB = 10 x 1.25 = 12.5 A **ดังนั้นเลือกขนาด CB = 16 A** **หรือ 16AT**
2.การหาขนาดสายไฟและวิธีการเดินสาย เป็นสาย PVC มีการเดินสายกลุ่มที่ 2 (ตารางที่ 5-20:วสท.) @โดยการกำหนดตัวคูณปรับค่า Ca และ Cg Ca ที่อุณหภูมิ 40°C ไม่ต้องปรับค่า = 1 (ตารางที่ 5-43 : วสท.) Cg ที่ 1 กลุ่มวงจรไม่ต้องปรับค่า = 1 (ตารางที่ 5-8 : วสท.) สูตรการหาขนาดสายไฟ $I_t \geq I_n / (Ca \times Cg)$ กำหนดให้ I_t = กระแสที่ได้รับการปรับค่าแล้ว I_n = กระแสของโหลด แทนค่าตามสูตร $I_t \geq I_n / (Ca \times Cg)$ $I_t \geq 10 / (1 \times 1)$ การหาขนาดสายไฟ (I_t) $\geq$ 10 A เลือกสายไฟแกนเดียว IEC 01 เดินสายแบบร้อยท่อกลุ่ม 2 สำหรับวงจรย่อยโหลดฮีตเตอร์ 10 A 1 Ph 230V ตามตารางที่ 5-20 ของมาตรฐานการติดตั้งฯ **เลือกขนาดสายไฟที่ขนาด 1.5 ตร.มม** ที่สามารถรับกระแสได้ถึง 15 A ตามกรอบสีเขียว ด้านล่างของตารางที่ 5-20	2.การหาขนาดสายไฟ $I_t \geq I_n \times 1.25$ $\geq 16 \times 1.25$ $\geq$ 20 A ตามตารางที่ 5-20 ของมาตรฐานการติดตั้งฯ **ดังนั้นเลือกขนาดสายไฟ = 2.5 ตร.มม** แบบแกนเดียวที่สามารถรับกระแสไฟได้ถึง 21 A ตามกรอบสีแดง ด้านล่างของตารางที่ 5-20

ตาราง 5 ขนาดกระแสของสายไฟฟ้าทองแดงหุ้มฉนวนพีวีซี มี/ไม่มีเปลือกนอก สำหรับขนาดแรงดัน (U_0/U) ไม่เกิน 0.6/1kV อุณหภูมิตัวนำ 70° C อุณหภูมิโดยรอย 40°C เดินในท่อร้อยสายในอากาศ

ลักษณะการติดตั้ง	กลุ่มที่ 1				กลุ่มที่ 2			
จำนวนตัวนำกระแส	2		3		2		3	
ลักษณะตัวนำ	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน	แกนเดียว	หลายแกน
รูปแบบการติดตั้ง								
ระบบไฟฟ้า	AC หรือ DC		AC		AC หรือ DC		AC	
รหัสชนิดเคเบิลที่ใช้งาน	60227 IEC 01, 60227 IEC 02, 60227 IEC 05, 60227 IEC 06, 60227 IEC 10, NYY, VCT, IEC 60502-1 และสายที่มีคุณสมบัติพิเศษต่าง ๆ เช่น สายทนไฟ, สายใช้ฮาโลเจน, สายควันน้อย							
ขนาดสาย(ตร.มม.)	ขนาดกระแส (แอมแปร์)							
1	10	10	9	9	12	11	10	10
1.5	13	12	12	11	15	14	13	13
2.5	17	16	16	15	21	20	18	17
4	23	22	21	20	28	26	24	23
6	30	28	27	25	36	33	31	30
10	40	37	37	34	50	45	44	40
16	53	50	49	45	66	60	59	54

หมายเหตุ. จาก *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564* (พิมพ์ครั้งที่ 4), โดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), 2567, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตาราง 6 ตัวคูณปรับค่าอุณหภูมิโดยรอบที่แตกต่างจาก ใช้กับค่าขนาดกระแสของเคเบิ้ล เมื่อเดินในอากาศ

อุณหภูมิโดยรอบ (องศาเซลเซียส)	ฉนวน				
	PVC		XLPE หรือ EPR	เอ็มไอ	
	70°C	90°C	90°C	70°C	105°C
11-15	1.34		1.23	1.41	1.21
16-20	1.29		1.19	1.34	1.16
21-25	1.22		1.14	1.26	1.13
26-30	1.15		1.10	1.18	1.09
31-35	1.08	1.00	1.05	1.09	1.04
36-40	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
41-45	0.91	1.00	0.96	0.91	0.96
46-50	0.82	1.00	0.90	0.79	0.91
51-55	0.70	0.96	0.84	0.67	0.87

หมายเหตุ. จาก *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564* (พิมพ์ครั้งที่ 4), โรง วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), 2567, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ตาราง 7 ตัวคูณปรับค่าขนาดกระแสเนื่องจากจำนวนสายที่นำกระแสในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน หรือเดินสายบนผิวมากกว่า 1 กลุ่มวงจร

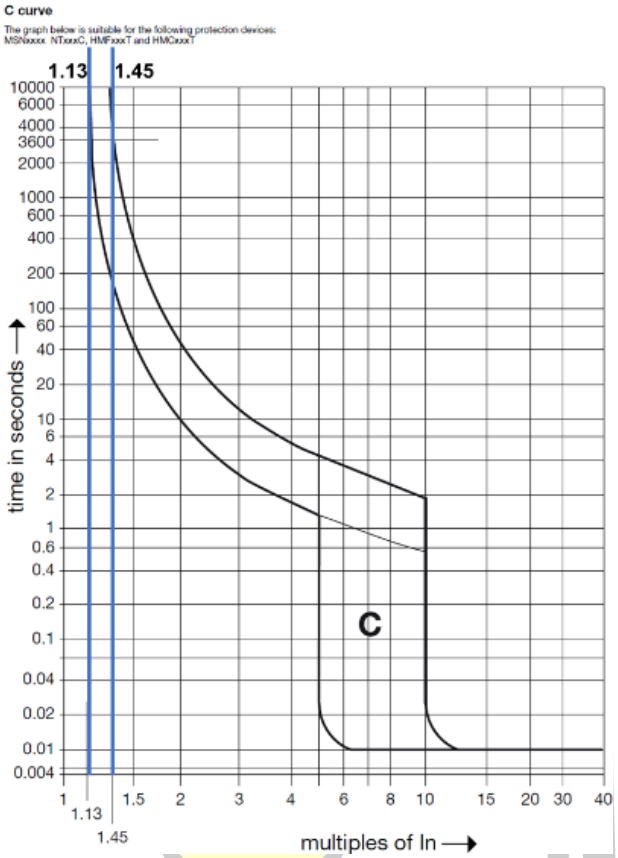
จำนวนกลุ่มวงจร	ตัวคูณปรับค่ากรณีในช่องเดินสายไฟฟ้าเดียวกัน	ตัวคูณปรับค่ากรณีเดินสายบนผิวหรือเดินสายเกาะผนัง
2	0.80	0.85
3	0.70	0.79
4	0.65	0.75
5	0.60	0.73
6	0.57	0.72
7	0.54	0.72
8	0.52	0.71

หมายเหตุ. จาก *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564* (พิมพ์ครั้งที่ 4), โดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), 2567, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ข้อสรุป

1. เมื่อทราบข้อกำหนดของโหลดและข้อจำกัดอื่นๆ แล้ว การออกแบบคำนวณวงจรย่อยที่โหลดนั้น ต้องมีการเลือกขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบเหมาะสมกับโหลด โดยที่การออกแบบคำนวณแบบเดิมๆ ที่ได้ผลลัพธ์การเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่แตกต่างกันถึง 25 % ที่การเลือกขนาดใหญ่กว่าการออกคำนวณที่เหมาะสม แต่จริงๆแล้ว การออกแบบคำนวณแบบเดิมๆ จะต่างกันมากถึง 60 % เพราะเซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 10 AT กับ ขนาด 16 AT ดังนั้นเห็นได้ชัดเจนว่าการออกแบบคำนวณที่เหมาะสม จะต้องพิจารณาถึงโหลดและการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ต้องทราบถึงคุณสมบัติของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ว่า C10 หมายถึง เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 10 AT Curve C ที่มีการทำงานสำหรับหน้าที่ป้องกันกระแสเกินเริ่มต้นที่ 13% - 45% หมายถึงเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเริ่มทำงาน (ทริป) ตั้งแต่ 11.3 A – 14.5 A

2. เมื่อได้ขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์แล้ว จะออกแบบคำนวณหาขนาดสายไฟ โดยเริ่มต้นจากการเลือกขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ 10 A การออกแบบคำนวณแบบเดิมๆ ที่มีการเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ 16 A ก็จะใช้ 1.25 คูณ จะได้ขนาดสายไฟที่ 20 A เมื่อเลือกขนาดสายไฟตามตารางที่ 5-20 จะได้ขนาดสายไฟ IEC01 แกนเดียว 1 เฟส 230 V เดินสายแบบร้อยท่อ ใช้สายไฟที่ขนาด 2.5 ตร.มม ซึ่งแตกต่างกับการออกแบบคำนวณที่เหมาะสม จะมีการคำนึงถึงอุณหภูมิการใช้งาน และจำนวนกลุ่มวงจร จะได้ขนาดสายไฟขนาด 1.5 ตร.มม ซึ่งแตกต่างกันมากถึง 40 % (2.5 vs 1.5 ตร.มม) ซึ่งมีผลมาจาก 2 ปัจจัยที่ทำให้เกิดการออกแบบคำนวณที่มากเกินการใช้งาน คือ การคูณ 1.25 ในการหาขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายไฟ



กราฟ C : ตัดทันทีที่ ≥ 5-10 In ใช้กับโหลด R, L, C

ภาพประกอบ 8 กราฟ Tripping Curve Type C IEC 60898

หมายเหตุ. จาก *International Electrotechnical Commission (IEC). (n.d. e). IEC60898 Electrical accessories – circuit breakers for overcurrent protection for household and similar installations.* IEC.

3.3 หม้อแปลงไฟฟ้า

2.3.1 หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) (เตชทัต, 2567)

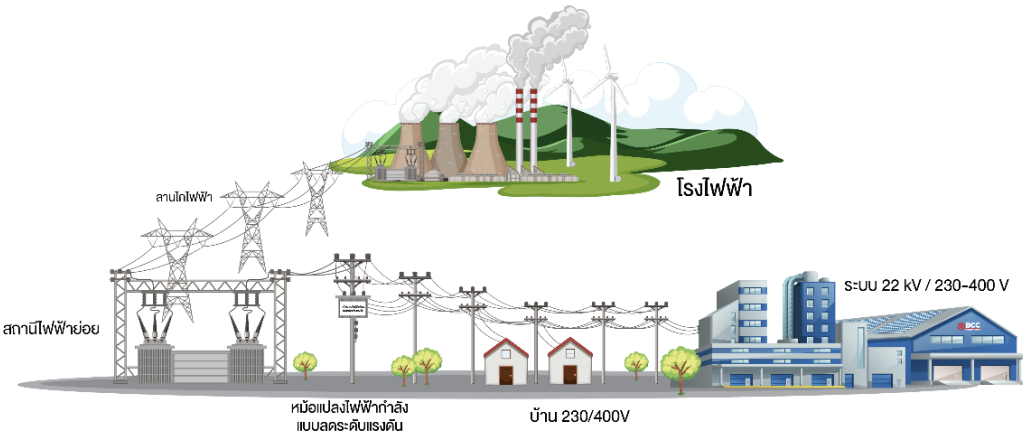
หม้อแปลงไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงแรงดันหรือแปลงกระแส ในระบบจำหน่ายไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแปลงแรงดันจากสูงลงมาต่ำ เช่น 115 kV แปลงลงที่ 12 kV หรือ 24 kV หรือ 24 kV แปลงลงที่ 230 V – 400 V หรือ 22 kV แปลงลงที่ 230 V – 400 V เป็นต้น หม้อแปลงไฟฟ้าระบบจำหน่ายจะทำการแปลงแรงดันเป็นหลัก ซึ่งมีผลกับพิกัดกระแสด้วย โดยจะมีความสัมพันธ์ระหว่างแรงดัน กับกระแสทั้งทางด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิ สำหรับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้งานกับการวัดค่าของมิเตอร์จะมีทั้งหม้อแปลงแรงดันและหม้อแปลงกระแส (บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.)

2.3.1.1 ความรู้เบื้องต้นหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เป็นบริภัณฑ์ไฟฟ้าทำหน้าที่แปลงระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น หรือลดลง ตามที่ต้องการ ที่ความถี่เท่าเดิม โดยหม้อแปลงไฟฟ้าของระบบจำหน่าย ส่วนใหญ่จะมีการแปลงแรงดันให้ลดลง เพื่อใช้งานกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ หม้อแปลงไฟฟ้าใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด และแกนเหล็ก ที่ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) หรือเรียกว่า High side และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) หรือเรียกว่า Low side

หม้อแปลงไฟฟ้ามีหลายชนิด เช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หม้อแปลงจำหน่าย หม้อแปลงสำหรับเครื่องมือวัด ในส่วนนี้จะขอเน้นเฉพาะหม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า หม้อแปลงที่แปลงระดับแรงดันไฟฟ้าจากระบบ แรงดันปานกลาง (Medium Voltage) แรงดันไม่เกิน 33 kV หรือ 24 kV หรือ 22 kV หรือ 12 kV ไปเป็นระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage) ที่ 230 V/ 400V หรือ 220 V/ 380V เพื่อใช้งาน หม้อแปลงจะมีขนาดพิกัดหน่วยเป็น kVA ซึ่งจะแบ่งเป็นระบบ 1 เฟส 2 สาย หรือ 1 เฟส 3 สาย และระบบ 3 เฟส 4 สาย สามารถแสดงดังภาพประกอบ 9

พหุน ปณฺฑิโต ชีเว



ภาพประกอบ 9 การส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและโหลดในการจ่ายไฟของการไฟฟ้าฯ

หมายเหตุ. จาก Technical data of PV cable, โดย Bangkok Cable CO.,LTD., n.d., n.p.

ตาราง 8 แรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่าย

ระบบจำหน่าย	**กฟน.(MEA)**	**กฟภ.(PEA)**
ระบบแรงดันสูง	>15000 kVA 69 kV / 115 kV 3 Ph 3W	> 10000 kVA 115 kV 3 Ph 3W
ระบบแรงดันปานกลาง	≥ 300 kVA – 15000 kVA 12 kV / 24 kV 3Ph 3W	≥ 250 kVA – 10000 kVA 22 kV / 33 kV 3Ph 3W
ระบบแรงดันต่ำ	< 300 kVA 240 V / 416 V	< 250 kVA 220 V / 380 V
แรงดันวัดได้ที่ขั้ว	220 V / 380 V	220 V / 380 V
แรงดันระบุ เพื่อการคำนวณ	230 V / 400 V	230 V / 400 V

หมายเหตุ. จาก *สวิตช์เกียร์และคอนโทรลเกียร์ แรงดันปานกลาง,* โดย เตชทัต บูรณะอัศวกุล, ม.ป.ป.ข, สภาวิศวกร.

2.3.1.2 การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบจำหน่ายไฟฟ้า มีแบ่งดังนี้

- การไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority: MEA) แรงดันระบบจำหน่าย 24 kV หรือ 12 kV / 24 kV และแรงดันที่ขั้วหม้อแปลง 240 V / 416 V, 3PH 3W Tapping Range: - 4 x 2.5% (Off-Load Tap- Changer on HV Side)

- การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (Provincial Electricity Authority: PEA) แรงดันระบบจำหน่าย 22 kV หรือ 33 kV

แรงดันที่ขั้วหม้อแปลง 240 V / 416 V, 3PH 3W. แรงดันบริการ 220 V / 380 V และแรงดันระบุ (nominal voltage) : 230 V/400 V 3 PH 3W Tapping Range: ± 2 x 2.5% (Off-Load Tap Changer on HV Side)

ปัจจุบัน ค่าตัวเลขแรงดันไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า แรงดันที่ระบุ (nominal voltage) ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของ วสท. ให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าระบุเพียงค่าเดียว เช่น แรงดันไฟฟ้า 220 V/380 V และ 240 V/416 V ให้เหลือเพียงค่าเดียวคือ 230 V/400V เพื่อความเป็นมาตรฐานสากลทั่วไป สำหรับประเทศไทย ระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำ ชนิด 3 เฟส 4 สาย ก็กำหนดเป็น 230 V/400 V และตามมาตรฐาน IEC จะใช้ค่าแรงดันที่ระบุนี้ เพื่อเป็นค่าที่ใช้คำนวณและการใช้ที่เป็นสากล จะได้เป็นค่าเดียวกันไม่สับสน

ทั้งนี้ทางการไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคจะมีแรงดันที่รับประกันกับลูกค้าผู้ใช้ไฟ โดยใช้แรงดัน ณ จุดเชื่อมต่อใดๆ ในระบบจำหน่ายที่เชื่อมกับผู้ขอใช้ไฟฟ้าหรือผู้ใช้ไฟฟ้าหรือแรงดันที่ได้ ที่ขั้ว 220 V/380 V. โดยมีค่า +10% (200 V - 240V / 342 V - 418V)

2.3.1.3 มาตรฐานหม้อแปลงไฟฟ้า

- มอก.384 / TIS 384 โดยมีการใช้ตามมาตรฐาน IEC 60076 และ IEEE ดังนี้
    - IEC 60076 Power Transformer
    - IEC 60076-1 Part 1: General
    - IEC 60076-2 Part 2: Temperature Rise
    - IEC 60076-3 Part 3: Insulation Level and Dielectric Tests
    - IEC 60076-4 Part 4: Lightning and Switching Impulse
    - IEC 60076-5 Part 5: Withstand Short Circuit
    - IEC 60076-11 Part 11: Dry-type Transformer
    - IEEE C57.12.00: General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power, and Regulating Transformers

2.3.1.4 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจำหน่ายที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ

2.3.1.4.1 หม้อแปลงแบบใช้ของเหลว (Liquid Immersed Transformers) หม้อแปลงที่ใช้ของเหลวเป็นฉนวนและตัวระบายความร้อนแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

- หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้ (Flammable Liquid Insulated Transformer) หรือเรียกว่าหม้อแปลงน้ำมัน (Oil Type Transformer)
- หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก (Less Flammable Liquid Insulated Transformer)
- หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ (Non-Flammable Fluid Insulated Transformer)

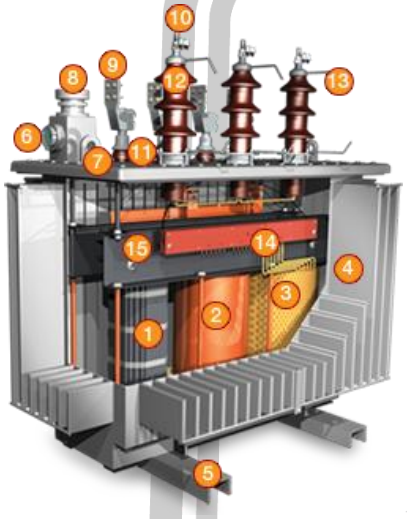
2.3.1.4.2 หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry type Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ฉนวนเป็นเรซิ่น นิยมใช้ติดตั้งภายในอาคาร มีความปลอดภัยจากการเกิดเพลิงไหม้สูง หากหม้อแปลงมีปัญหาเกิดระเบิดขึ้นจะไม่มีส่วนไหนที่ติดไฟได้ จึงมีความปลอดภัยสูงกว่าหม้อแปลงแบบน้ำมัน

(ก) (ข)

ภาพประกอบ 10 หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) (ก) และสิ่งห่อหุ้ม (ข)
หมายเหตุ. จาก เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า, โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

2.3.1.5 ส่วนประกอบของหม้อแปลง

- ส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมัน มีดังนี้



1. Magnetic Core (แกนเหล็ก)
2. Low Voltage Winding (ขดลวดแรงต่ำ)
3. High Voltage Winding (ขดลวดแรงสูง)
4. Corrugated Tank (ตัวถัง และครีบระบายความร้อน)
5. Transformer Base (ฐานหม้อแปลง)
6. Oil Level Gauge (เกจวัดระดับน้ำมัน)
7. Lifting Eye (หูยกหม้อแปลง)
8. Pressure Relief Device (ท่อกันระเบิด)
9. Low Voltage Terminal (ขั้วต่อสายแรงต่ำ)
10. High Voltage Terminal (ขั้วต่อสายแรงสูง)
11. Low voltage Bushing (ลูกถ้วยแรงต่ำ)
12. High Voltage Bushing (ลูกถ้วยแรงสูง)
13. Arcing Horn (ล่อฟ้า)
14. Off-Load Tap Changer (แท็ปปรับแรงดัน)
15. Upper Steel Clamp (เหล็กหนีบแกนเหล็กด้านบน)

ภาพประกอบ 11 ส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันแบบ Corrugated Tank

หมายเหตุ. จาก เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า, โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

- ส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง

1. Core (แกนเหล็ก)
2. Low Voltage Winding
3. High Voltage Winding
4. High Voltage Terminal
5. HV Delta Connection
6. High Voltage Tapping
7. Low Voltage Terminal
8. Neutral Terminal
9. Lifting Eyes
10. Upper Yoke Clamp
11. Spacer Block
12. Earthing Terminal
13. Lower Yoke Clamp
14. Roller Profile

ภาพประกอบ 12 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

การป้องกันความร้อนหม้อแปลงแห้งหม้อแปลงแห้งชนิด Cast Resin จะต้องมีระบบป้องกันความร้อนเกินสำหรับขดลวด ระบบป้องกันความร้อนประกอบด้วยตัวรับสัญญาณ (Sensors) และรีเลย์ความร้อน (Temperature Relay) ที่มีส่วนรับสัญญาณดังนี้

- รับสัญญาณ (Sensors) ตัวรับสัญญาณทำด้วย PTC (Positive Temperature Coefficient)
- รับสัญญาณระดับที่ 1 พัดลมทำงานที่อุณหภูมิปรับตั้ง 90-110 °C
- รับสัญญาณระดับที่ 2 ระบบเตือนทำงานที่อุณหภูมิปรับตั้ง 130-140 °C
- รับสัญญาณระดับที่ 3 ตัดวงจรทำงาน ที่อุณหภูมิปรับตั้ง 150 °C

หมายเหตุ การตัดวงจรทำงานของหม้อแปลง จำเป็นต้องเดินสายไฟไปที่แผงสวิตช์แรงดันปานกลางเพื่อตัดวงจรการทำงานของหม้อแปลง

การเพิ่มพิกัดของหม้อแปลงแห้งด้วยการใช้พัดลม หม้อแปลงแห้งชนิด Cast Resin สามารถทำให้จ่ายโหลดได้เพิ่มประมาณ 30-40% จากพิกัดปกติของ หม้อแปลงได้โดยการติดตั้งพัดลมช่วยในการระบายความร้อน เมื่อหม้อแปลงเริ่มจ่ายโหลดเกินพิกัด ตัวรับสัญญาณความร้อนที่ฝังอยู่ใกล้จุดความร้อนสูงสุดจะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมรีเลย์ความร้อนทำงานและสั่ง ให้พัดลมทำงานเพื่อระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้นออกไป

การเลือกขนาดและตำแหน่งการติดตั้งพัดลมต้องเป็นไปตามข้อแนะนำของผู้ผลิตพัดลม ระบายความร้อนแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านบน (Cover Mounted Fan: CMF) การติดตั้งพัดลมแบบ CMF นั้น พัดลมจะดูดลมเข้า ให้ผ่านตัวหม้อแปลงเพื่อผลักความร้อนออกไป ดังนั้นเครื่องห่อหุ้ม (Enclosure) จะต้องออกแบบตามผู้ผลิตที่ทดสอบมา เพื่อบังคับลมให้ผ่านหม้อแปลง

ภาพประกอบ 13 การติดตั้งพัดลมไว้ในเครื่องห่อหุ้ม แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง (Cross Flow Fan: CFF)

การติดตั้งพัดลมแบบ CFF พัดลมจะเป่าลมจากด้านล่างผ่านช่องอากาศ (Air Ducts) แบบนี้ จะมีความสามารถในการอัดลมเพื่อไล่ความร้อนออกไปด้านบนได้ดี ซึ่งจะทำให้มีการระบายความร้อนของหม้อแปลงได้ดี

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิค* [แผ่นพับ], โดย บริษัท อาซีฟา จำกัด (มหาชน), ม.ป.ป.

ภาพประกอบ 14 แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง

หมายเหตุ: ผู้ออกแบบบางงานอาจไม่มีการออกแบบหรือระบุเรื่องการใช้พัดลมเพื่อทำงานแบบ Air Force: AF

2.3.1.6 เครื่องห่อหุ้ม (Enclosure)

หม้อแปลงแห้งต้องติดตั้งในเครื่องห่อหุ้ม เพื่อความปลอดภัย และป้องกันการสัมผัส ซึ่งจะช่วยป้องกันไม่ให้เกิดไฟช็อตจากแรงดันเหนี่ยวนำ สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่ใช้ในอาคาร ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยโดยของ วสท. กำหนดไว้ว่าเครื่องห่อหุ้มต้องมีค่าระดับการป้องกันไม่ต่ำกว่า IP21 ถ้ามีการใช้เครื่องห่อหุ้มที่ระดับ IP สูงขึ้นก็จะมีความสามารถในการป้องกันของแข็งและของเหลวได้ดีขึ้น แต่ก็จะมีผลเสียเรื่องการระบายความร้อนที่มากขึ้น ทั้งนี้เครื่องห่อหุ้มต้องถูกต้องออกแบบโดยตรงจากผู้ผลิต ซึ่งสามารถผลิตได้ตามแบบที่ผู้ผลิตระบุ

ภาพประกอบ 15 เครื่องห่อหุ้ม (Enclosure)

- ระดับการป้องกันของเครื่องห่อหุ้ม สามารถดูได้จากตาราง IP ในส่วนของแผงสวิตช์แรงดันต่ำ

2.3.1.7 ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

- หม้อแปลงน้ำมัน (Hermetically Sealed) 3 เฟส แรงดัน 12 kV–24 kV/230 V–400V

ตาราง 9 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส แรงดัน 12 kV–24 kV / 230 V–400V

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75 °C (W)	Total Losses at 75 °C (W)	Impedance at 75 °C (%)	ขนาด(มิติ) หม้อแปลง			Oil qty. (Liter)	Total Weight (kgs)
					H (mm)	L (mm)	W (mm)		
100	250	1550	1800	4	1140	930	635	160	585
160	360	2100	2460	4	1190	1070	680	215	845
250	500	2950	3450	4	1285	1080	735	255	1065
315	700	3900	4600	4	1310	1190	795	360	1395
400	850	4600	5450	4	1330	1245	825	390	1550
500	1000	5500	6500	4	1405	1420	855	480	1910
630	1200	6500	7700	4	1445	1490	970	565	2155
800	1300	10000	11300	6	1495	1790	1090	655	2555
1000	1600	13000	14600	6	1515	1840	1270	740	2845
1250	1800	15500	17300	6	1635	2050	1290	860	3595
1600	2100	19500	21600	6	1695	2130	1300	1010	4200
2000	2600	22500	25100	6	1845	2160	1390	1220	5200
2500	3000	26500	29500	6	2120	2310	1420	1465	6130

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า*, โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

จากตารางที่ 5.3 เป็นข้อมูลหม้อแปลงที่อาจเปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานผู้ผลิตแต่ละผู้ผลิต ทั้งนี้ผู้ซื้อจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการระบุให้ทดสอบ หรือผู้ผลิตต้องมีใบรับรองการทดสอบประกอบ

- หม้อแปลงน้ำมัน 1เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V ซึ่งพิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 1 เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V ดังแสดงในตารางที่ 10

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 10 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน1เฟส แรงดัน 12 kV – 24 kV / 230V

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75 °C (W)	Total Losses at 75 °C (W)	Impedance at 75 °C (%)	ขนาด(มิติ) หม้อแปลง			Oil qty. (Liter)	Total Weight (kgs)
					H (mm)	L (mm)	W (mm)		
10	70	160	230	20	1180	550	460	45	160
20	110	330	440	20	1200	580	475	52	190
30	150	480	630	20	1230	610	490	60	220
50	190	740	930	22	1250	630	510	70	255
75	240	960	1200	22	1265	730	610	80	355

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

โดยข้อมูลหม้อแปลงตารางที่ 5.4 ด้านบนนี้ สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานของแต่ละผู้ผลิต

- หม้อแปลงแห้ง (Cast Resin Dry Type Transformer) 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230–400V ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230 – 400V สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 11

ตาราง 11 พิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230 V–400V

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75 °C (W)	Total Losses at 75 °C (W)	Impedance at 75 °C (%)	ขนาด(มิติ) หม้อแปลง			Noise Level (dB)	Total Weight (kgs)
					H(mm)	L(mm)	W(mm)		
400	1200	4850	6050	6	1460	1440	820	56	1350
500	1500	5500	6000	6	1460	1540	820	56	1550
630	1650	6900	8550	6	1500	1650	820	57	1800
800	1950	8300	10250	6	1600	1700	820	58	2200
1000	2300	9700	12000	6	1700	1700	1000	59	2643
1250	2750	11700	14450	6	1720	1760	1000	60	3650
1600	3100	14000	17100	6	1720	2050	1000	63	3650
2000	4100	17000	21200	6	2180	2060	1280	64	4750
2500	5000	20000	25000	6	2000	2220	1280	66	5604

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

โดยข้อมูลหม้อแปลงตารางที่ 11 ด้านบนนี้ สามารถเปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานของแต่ละผู้ผลิต

2. ขนาด ความกว้าง ยาว สูง และน้ำหนัก ยังไม่ได้รวมเครื่องห่อหุ้ม ดังนั้นต้องสอบถามผู้ผลิตสำหรับขนาดหม้อแปลงที่รวมเครื่องห่อหุ้มเบ็ดเสร็จ หรือเป็นตามที่ผู้ผลิตระบุให้ผลิต

2.3.1.8 นิยามที่ควรทราบ

- ขนาดพิกัด (kVA) คือขนาดของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่หม้อแปลงสามารถจ่ายออกไปให้แก่โหลด โดยที่ส่วนประกอบสำคัญของหม้อแปลงมีอุณหภูมิไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งทดสอบได้โดยใช้ Temperature Rise Test

- ค่า BIL (Basic Impulse Insulation Level) คือค่าที่แสดงความทนต่อแรงดันฟ้าผ่าหรือแรงดันไฟฟ้าเกินชั่วขณะ (Impulse) ปกติจะเกิดจากฟ้าผ่า ถ้าแรงดันเกินชั่วขณะที่เกิน BIL ฉนวนของหม้อแปลงจะชำรุดและใช้งานไม่ได้ หม้อแปลงจะต้องผ่านการทดสอบ BIL เพื่อทดสอบถึงความทนต่อแรงดันฟ้าผ่าก่อนที่จะนำมาใช้งาน สำหรับค่า BIL ตามมาตรฐาน IEC กำหนดค่า BIL ไว้ตามที่แสดงไว้ในตารางที่ 12

ตาราง 12 ค่า BIL ที่พิกัดแรงดัน

Rate Voltage (kV)	3.6	12	22-24	36
BIL (kV)	45	75	125	170

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า*, โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

- แรงดันพิกัด (Rate Voltage) คือแรงดันที่จ่ายให้ทางด้านปฐมภูมิหรือแรงดันที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำทางด้านทุติยภูมิขณะไม่มีโหลด เช่น 12 kV/240 V-416V และ 22 kV/230 V-400V เป็นต้น

- แท็ปเชนเจอร์ (Tap Changer) เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลง เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ ให้คงที่ หรือเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะงาน เช่นหม้อแปลงที่ใช้กับเตาหลอม เป็นต้น

- การแท็ปแยกแรงดัน (Tapping) คือการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนแรงดันของหม้อแปลงได้ซึ่งจะคิดเป็นอัตราส่วนของแรงดันพิกัด (Rated Voltage) การปรับแท็ปแยกแรงดันนั้นต้องการให้แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงสอดคล้องกับโหลดตามความต้องการ การเปลี่ยนแท็ปจะเปลี่ยน

ทางด้านขดลวดแรงสูง ซึ่งจะง่ายกว่าการเปลี่ยนแท็ป ด้านแรงต่ำ มาตรฐานแท็ป ของ กฟภ. ±2 x 2.5% ตัวอย่างข้อมูลการแท็ปแยกแรงดันดังที่แสดงในตารางที่ 5.7 และมาตรฐานแท็ป ของ กฟน. –4 x 2.5% ดังที่แสดงในตารางที่ 13

ตาราง 13 การแท็ปแยกแรงดันของ กฟภ.

Tap No.	Primary Volt (V)	Secondary Volt (V)	Ratio
1	23100	400	57.75
2	22550	400	56.25
3	22000	400	55.00
4	21450	400	53.625
5	20900	400	52.25

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

ตาราง 14 การแท็ปแยกแรงดันของ กฟน.

Tap No.	Primary Volt (V)	Secondary Volt (V)	Ratio
1	24000	416	57.69
2	23400	416	56.25
3	22800	416	54.81
4	22140	416	53.22
5	21600	416	51.92

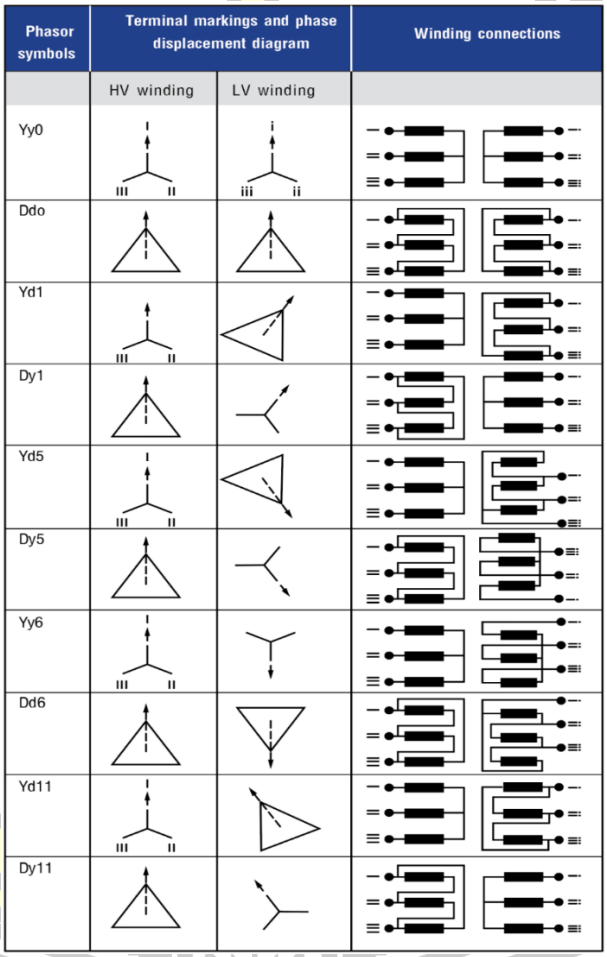
หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

- แรงดันไฟฟ้าอิมพีแดนซ์ (Impedance Voltage) คือค่าแรงดันที่ต้องการด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิที่ทำให้กระแสพิกัดไหลผ่านในขณะที่ขดลวดด้านแรงต่ำหรือทุติยภูมิลัดวงจร โดยปกติจะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันพิกัด (Rated Voltage) เช่น หม้อแปลงที่มีแรงดันไฟฟ้าอิมพีแดนซ์ 4% ก็คือถ้าเกิดลัดวงจรด้านแรงต่ำหรือทุติยภูมิของหม้อแปลงแล้วป้อนแรงดันไฟฟ้าทางด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิ 4% ของแรงดันไฟฟ้าพิกัด (Rated Voltage) จะมีกระแสไหล 100% นั่นก็คืออิมพีแดนซ์ของหม้อแปลงมีค่า 4% หรือ 0.04 PU ซึ่งเป็นอิมพีแดนซ์รวมของขดลวดทางด้านแรงสูงและแรงต่ำ

หม้อแปลงที่มีขนาดตั้งแต่ 50 kVA - 630 kVA จะมี % อิมพีแดนซ์ 4%

หม้อแปลงที่มีขนาดตั้งแต่ 800 kVA - 2500 kVA จะมี % อิมพีแดนซ์ 6%

- เวคเตอร์กรุ๊ป (Vector Group) คือการบอกวิธีการต่อขดลวดภายในหม้อแปลง 3 เฟส โดยบ่งชี้บอกถึงมุมต่างเฟส (Phase Shift) ระหว่างขดลวดด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิและแรงต่ำหรือทุติยภูมิ เมื่อเราวัดแรงดันที่ขั้วของหม้อแปลงชนิด 1 เฟส เทียบกันจะไม่เกิด Phase Angle Different ระหว่างขดลวดแรงสูงกับแรงต่ำ แต่สำหรับหม้อแปลง 3 เฟส สามารถเลือกต่อขดลวดภายในหม้อแปลงด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิหรือแรงต่ำหรือทุติยภูมิ ได้หลายรูปแบบซึ่งทำให้เกิด Phase Angle Different ระหว่างด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิได้



ภาพประกอบ 16 เวกเตอร์กรุ๊ป

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า*, โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

- การระบายความร้อนของหม้อแปลง

ผู้ผลิตหม้อแปลงต้องออกแบบหม้อแปลงและพัดลมระบายความร้อน เพื่อให้หม้อแปลงสามารถจ่ายโหลดในภาวะปกติ รวมถึงภาวะที่หม้อแปลงสามารถจ่ายโหลดเพิ่มขึ้นได้ชั่วขณะแบบไม่มีผลกระทบกับอายุของหม้อแปลง การระบายความร้อนจากขดลวดมาที่ตัวถังจะอาศัยฉนวนหม้อแปลง

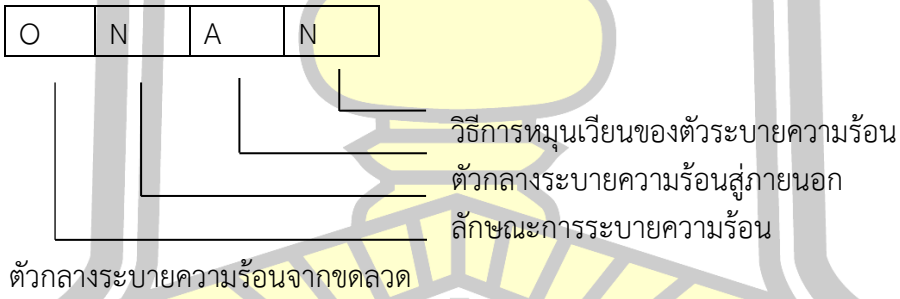
เป็นตัวกลางระบาย การระบายความร้อนออกจากตัวหม้อแปลงสู่ภายนอกมีหลายวิธีและจะใช้สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อนดังตารางที่ 15

ตาราง 15 สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อน

การหมุนเวียนของตัวระบายความร้อน	**สัญลักษณ์**
โดยวิธีธรรมชาติ (Natural)	N
โดยวิธีขับหรืออัด (Forced)	F
ตัวกลางระบายความร้อน	
น้ำมัน	O
ก๊าซ	G
น้ำ	W
อากาศ	A

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

การเขียนสัญลักษณ์ที่ Name Plate หม้อแปลงแสดงการระบายความร้อนจะเขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 2 ตัว หรือ 4 ตัว



ภาพประกอบ 17 การเขียนสัญลักษณ์ที่ Name Plate หม้อแปลงแสดงการระบายความร้อน

หมายเหตุ. จาก *เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า,* โดย บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด, ม.ป.ป.

- กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า (Power Loss) หม้อแปลงมีกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าอยู่ 2 ส่วนคือ

(ก) กำลังสูญเสียไฟฟ้าไม่มีโหลด คือกำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลง (Core Loss) เมื่อใช้งานหม้อแปลงที่แรงดันพิกัด โดยที่ขดลวดทุติยภูมิเปิดวงจรไว้ กำลังสูญเสียไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสาเหตุจาก Eddy Current Loss และ Hysteresis Loss ซึ่งค่า No Load Loss นี้มีค่าคงที่ที่แรงดันพิกัดและความถี่พิกัด

(ข) กำลังสูญเสียไฟฟ้ามีโหลด (Load Loss) คือกำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด ซึ่งค่า Load Loss นี้จะแปรตาม I^2R หรือ $(kVA)^2$ ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss Transformer ทั้งการลด No Load Loss และ Load Loss เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อกับระบบไฟฟ้าตลอดเวลาและใช้งานตลอดเวลา ดังนั้นถ้าสามารถลด Loss ของหม้อแปลงได้ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าลงได้มาก

- การทดสอบหม้อแปลง (Transformer Testing)

มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ มอก., IEC, IEEE

ประเภทการทดสอบ

- การทดสอบประจำ (Routine Test)
- การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)
- การทดสอบพิเศษ (Special Test)

การทดสอบประจำ (Routine Test) สำหรับหม้อแปลงน้ำมัน หม้อแปลงทุกลูกต้องผ่านการทดสอบประจำเพื่อให้แน่ใจว่าหม้อแปลงไม่มีการชำรุด เสียหาย ระหว่างการผลิตประกอบด้วย

- การทดสอบอัตราส่วนของแรงดัน (Ratio Test): IEC 60076-1
- การทดสอบขั้วหรือสัญลักษณ์กลุ่มเวคเตอร์ (Polarity and Vector Group Test): IEC 60076-1
- การวัดความต้านทานของขดลวด (Winding Resistance Measurement): IEC 60076-1
- การทดสอบการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและกระแสขณะไม่มีโหลด (No Load Loss and No-Load Current Test): IEC 60076-1
- การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน (Induced Potential Test): IEC 60076-3
- การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเกินจากแหล่งจ่ายตัวอื่น (Applied Potential Test):IEC60076-3
- การทดสอบรอยรั่วซึมของน้ำมัน (Oil Leak Test): IEC 60076-1
- การทดสอบความเป็นฉนวนของน้ำมัน (Oil Dielectric Strength Test): IEC 60156 or ASTM D877-02

การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test) เป็นการนำหม้อแปลงต้นแบบแต่ละขนาด มาทำการทดสอบเพื่อแสดงว่าหม้อแปลงแต่ละขนาดได้มีการออกแบบที่ดี ประกอบด้วย

- การทดสอบความคงทนต่อแรงดันอิมพัลส์ (Impulse Voltage Withstand Test): IEC 60076-4

- การทดสอบอุณหภูมิเพิ่ม (Temperature Rise Test): IEC 60076-2

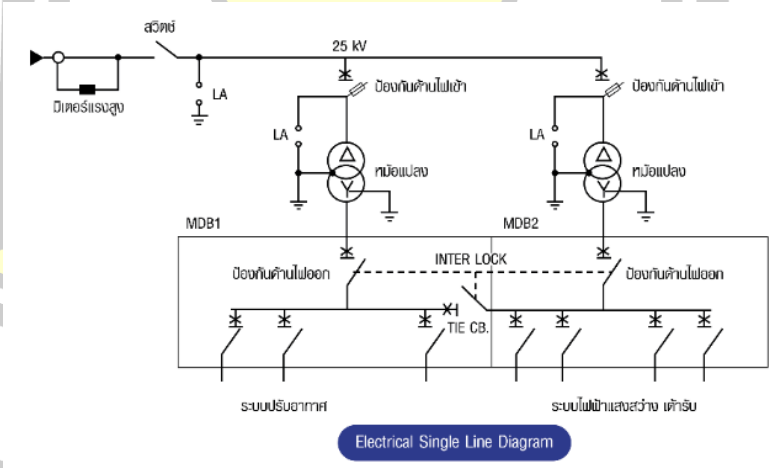
การทดสอบพิเศษ (Special Test) เป็นการทดสอบตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้ซื้อ ซึ่งมักจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นพอสมควร ประกอบด้วย

- การทดสอบความทนทานต่อการลัดวงจร (Short Circuit Withstand Test): IEC 60076-5
- การทดสอบความดังของเสียงรบกวน (Audible Sound Level Test): IEC 60076-10

- การป้องกันกระแสเกินของหม้อแปลง

หม้อแปลงต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งทางด้านไฟเข้า (Primary) และด้านไฟออก (Secondary) ของหม้อแปลง ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกินค่าที่กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ วสท. ฉบับปัจจุบัน สำหรับค่าที่คำนวณได้หากไม่ตรงกับขนาดหม้อแปลงตามมาตรฐานผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ขนาดที่ใกล้เคียงที่สูงถัดขึ้นไปได้ในกรณีที่มีการต่อขนานหม้อแปลง หม้อแปลงทุกลูกต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เหมือนกัน หม้อแปลงแต่ละลูกต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งทางด้านแรงดันปานกลางและแรงต่ำ และต้องมีสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงดันปานกลางที่สามารถปลดและสับหม้อแปลงได้พร้อมกัน (ไม่นิยมทำขนานหม้อแปลง)

ตัวอย่างการจ่ายไฟระบบแรงดันปานกลางและการต่อขนานหม้อแปลงดังแสดงในภาพประกอบ 18



ภาพประกอบ 18 รูปแสดงการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลง

หมายเหตุ. จาก *Technical data of PV cable*, โดย Bangkok Cable CO.,LTD., n.d., n.p.

การป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า มีไว้เพื่อป้องกันกระแสเกินอันเนื่องมาจากเกิดการลัดวงจรด้านแรงดันปานกลางหรือภายในตัวหม้อแปลงเอง ค่าปรับตั้งสูงสุดในตาราง ตามมาตรฐานถ้าใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินจะเลือกใช้ค่าสูงสุดไม่เกิน 4-6 เท่าของพิกัดกระแสด้านไฟเข้า ในกรณีเลือกใช้ฟิวส์เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินจะกำหนดให้ใช้ไม่เกิน 300% ของพิกัดกระแสด้านไฟเข้าของหม้อแปลง แต่ไม่ต่ำกว่า 100% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงด้านไฟเข้า เพราะฟิวส์อาจจะขาดได้ การใช้งานจริงควรกำหนดค่าให้เหมาะสมและต้องคำนึงกระแสในขณะสับสวิตช์จ่ายไฟให้กับหม้อแปลงตอนแรกที่มีกระแสสูงชั่วขณะ (Transformer Inrush Current) เครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้าจะต้องทนค่ากระแสนี้ได้โดยไม่ขาดหรือปลดวงจร โดยทั่วไป ถ้าเลือกใช้ Fuse ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ จะใช้ขนาด 1.5 – 2.0 เท่า ของกระแสพิกัดไฟด้านไฟเข้าขนาดฟิวส์แรงสูงตามมาตรฐาน IEE-NEMA คือ 1, 2, 3, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 140 และ 200 A และตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงสามารถแสดงในตารางที่ 16

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 16 ตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลง

Impedance หม้อแปลง	ด้านไฟเข้า		ด้านไฟออก		
	แรงดัน > 750 V		แรงดัน > 750 V		แรงดัน < 750 V
	C.B	Fuse	C.B	Fuse	C.B / Fuse
ไม่เกิน 6%	600%	300%	300%	250%	100%
> 6% < 10%	400%	300%	250%	250%	100%

หมายเหตุ. จาก *มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2564* (พิมพ์ครั้งที่ 4), โดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.), 2567, โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

การป้องกันกระแสเกินด้านไฟออก ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟออกแบ่งออกเป็นแรงดันที่มากกว่า 1000 โวลต์ และแรงดันที่ไม่เกิน 1000 โวลต์ ซึ่งกำหนดให้ใช้ฟิวส์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ ก็ได้ และมีค่าไม่เกิน 125% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงด้านไฟออก หากไม่ตรงกับขนาดตามมาตรฐานผู้ผลิต สามารถใช้ขนาดใกล้เคียงได้แต่ต้องไม่เกินค่าปรับตั้งสูงสุดที่กำหนดไว้ในการออกแบบระบบไฟฟ้าจ่ายไฟให้กับอาคารหรือสถานประกอบการต่างๆ เมื่อคำนวณโหลดได้แล้วจะต้องเลือกขนาดหม้อแปลงตามมาตรฐานที่สอดคล้องกับโหลด เช่นขนาด 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000 และ 2500 kVA เป็นต้น การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟออกของหม้อแปลงซึ่งโดยทั่วไปจะใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะกำหนดมาจากโหลดของหม้อแปลงที่คำนวณได้หรืออาจกำหนดจากเครื่องป้องกันกระแสเกินจากขนาดหม้อแปลงก็ได้ โดยทั่วไปที่นิยมใช้จะกำหนดจากเครื่องป้องกันกระแสเกินจากขนาดหม้อแปลง เพราะสะดวกกว่าและเป็นการสำรองสำหรับการเพิ่มโหลดในอนาคตด้วย แต่อย่างไรก็ตามสายไฟฟ้าเมนด้านแรงต่ำที่ออกจากหม้อแปลงต้องสอดคล้องกับขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินด้วยขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ ตามมาตรฐาน IEC ได้กำหนดค่า AF ไว้ดังนี้คือ 63, 100, 125, 160, 200, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 600, 2000, 2500, 3150(3200), 4000, 5000 และ 6300 A สำหรับค่า AT บริษัทผู้ผลิตจะผลิตออกมาหลายๆค่า แล้วแต่ความต้องการของบริษัทนั้นๆ การกำหนดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟออกหรือแรงต่ำยังต้องคำนึงถึงค่าพิกัดตัดกระแสลัดวงจร (kA) ต้องไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจร

สูงสุดที่ติดตั้งที่ขั้วทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดหม้อแปลงค่า Impedance Voltage ของหม้อแปลง และความจุลัดวงจร (Short-Circuit Capacity: MVA) ด้วย

ตัวอย่างที่ 5.1

ตัวอย่างหม้อแปลงจำหน่ายขนาด 2000 kVA, 22kV/ 230 V - 400 V, % U = 6 % จงคำนวณหา Fuse ทางด้านแรงดันปานกลาง Circuit Breaker ทางด้านแรงต่ำ (LV) และค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง

วิธีทำ

1. กำหนดขนาด Fuse ด้านแรงดันปานกลางให้หากระแสโหลดเต็มที่ด้านแรงดันปานกลาง

I = 2000 / 1.732 x 22 = 52.48 A

กำหนดขนาด Fuse ไม่ต่ำกว่า 125% และไม่เกิน 300 %

ขนาด Fuse = 1.25 x 52.48 = 65.6 A

เลือก Fuse ให้ตรงกับมาตรฐานการผลิตและเผื่อค่ากระแส Inrush (ทั่วไปนิยมใช้ 1.5 - 2.0 เท่าของกระแสไฟด้านเข้า) จะได้ขนาด 80 A หรือใหญ่กว่าถัดขึ้นไป คือ 100 A ก็ได้

2. กำหนดขนาด Circuit Breaker ด้านแรงต่ำปรับตั้งไม่เกิน 100% ของกระแสพิกัดหม้อแปลงด้านแรงต่ำ

I = 2000x1000 / 1.732x400 = 2886 A

กำหนดขนาด Circuit Breaker ที่ 100 % = 1.00 x 2886 = 2886 A

เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาดสูงสุด 3200 AT/ 3200AF หรือ 4000 AF

ทั้งนี้การปรับตั้งค่า AT ต้องทำ coordination curve ทั้งระบบไฟฟ้า ส่วน AF ต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของหม้อแปลงด้วย ว่าหม้อแปลงที่ใช้นั้นเป็นหม้อแปลงแห้งที่สามารถจ่ายโหลดชั่วขณะได้กี่ % ถ้าจ่ายได้เกิน 40% ก็ต้องเพิ่มขนาด AT และ AF ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้เพียงพอกับการใช้งาน

3. ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง

คิดระบบไฟฟ้าเป็นแบบ Infinite Busและกระแสลัดวงจรแบบสมดุล

สูตร กระแสลัดวงจร (Ic) = 100 x In / % U

โดย In = กระแสพิกัดของหม้อแปลงด้านแรงต่ำ(A)

% U = % อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง

Ic = 2886 / (6/100) = 48100 A = 48.1 kA

ที่ผ่านมาประเทศไทยมักนิยมให้มีการเผื่อค่า Safety Factor ซึ่งโดยรวมจะนิยมเผื่อไว้ประมาณ 25% ทั้งนี้ขอแนะนำว่า ไม่จำเป็นต้องมีการเผื่ออีก 25% เพราะผู้ผลิตเซอร์กิตเบรกเกอร์มีประสบการณ์ทั่วโลกมาอย่างยาวนาน ได้แบ่งขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์และกระแสลัดวงจรอย่างมีรูปแบบอยู่แล้ว การเผื่อหรือไม่เผื่อนั้นน่าจะมีปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง เช่น ติดตั้งใกล้สถานีไฟฟ้า ทำให้ค่ากระแสลัดวงจรมีค่าสูงขึ้น เป็นต้น

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า(Fuse) ของหม้อแปลง 3 เฟส 22 kV, 33kV

ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V แรงดันระบุ (นิยมใช้สำหรับการคำนวณ) ตัวอย่างขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230 / 400 V ตามตารางที่ 17 โดยผู้เขียนเป็นผู้คำนวณและแนะนำ

ตาราง 17 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออก หม้อแปลง 3 เฟส 230 V/400 V (แนะนำ)

พิกัดหม้อแปลง (kVA)	กระแสพิกัดด้านแรงต่ำ (A)	ขนาด AF ของ CB (A)	ขนาดปรับตั้ง CB (Coordinated)	ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (kA)	หมายเหตุ
100	144	160	150	10	ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำใช้ไม่เกิน 100% ของกระแสพิกัดด้านแรงต่ำ(No Load)ของหม้อแปลง Coordination System
160	231	250	230	10	
250	360	400	360	10	
315	455	630	450	16	
400	577	630	550	16	
500	722	800	700	25	
630	909	1000	900	25	
800	1155	1250	1100	25	
1000	1443	1600	1400	25	
1250	1804	2000	1800	35	
1600	2309	2500	2300	50	
2000	2886	3200	2800	50	
2500	3608	4000	3600	65	

- การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลง

การตรวจสอบและบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มีสภาพพร้อมใช้งานตามที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเชื่อถือได้ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าและส่วนประกอบก็ต้องมีการตรวจสอบ ดูแลและบำรุงรักษาเช่นกัน มีดังต่อไปนี้

- การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน
- การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงแห้ง
- การตรวจสอบและบำรุงรักษาห้องหม้อแปลง
- การตรวจสอบและบำรุงรักษาลานหม้อแปลง
- การตรวจสอบและบำรุงรักษานั่งร้านหม้อแปลง

- การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน

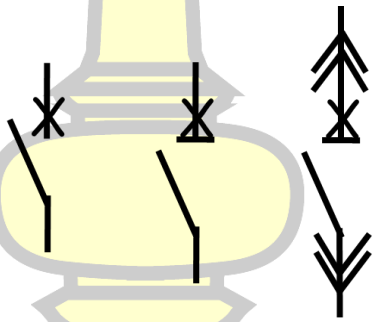
2.3.2 ช่างไฟฟ้า และ วิศวกรไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ

ผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ออกแบบ ผู้ติดตั้ง ผู้ควบคุมงาน เจ้าของงาน และทุกภาคส่วนอื่นๆ ก็จะต้องทำความเข้าใจ เรียนรู้และตามให้ทันเพื่อที่จะได้เลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและถูกต้องตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์: วสท. ที่นำสายไฟฟ้าตามมาตรฐานใหม่นี้ มาทำการแนะนำและการเลือกใช้งานในการติดตั้งและเดินสาย (เตชทัต บูรณะอัศวกุล, 2560ก)

1. หลักการใช้ทั่วไปของเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

จากรายละเอียดของส่วนแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์ป้องกันที่มีใช้งานในแผงสวิตช์ฯ จะมีอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ดังนี้

1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) เป็นอุปกรณ์ตัดต่อและป้องกันกระแสเกิน ที่มีสัญลักษณ์ในการใช้งานตามภาพที่ประกอบนี้



ภาพประกอบ 19 ภาพที่ 1, 2 สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ในภาพที่ 3 ตามลำดับ ของมาตรฐาน IEC ตามลำดับ

หมายเหตุ จากสัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน IEC จะบ่งชี้ถึงความหมายในแต่ละส่วนดังนี้

1) ส่วน หมายถึง Disconnection หรือ Switch เป็นการตัดต่อวงจร หรือ Isolation ที่จะตัดส่วน supply ออกทั้งหมดหรือแยก หรือกั้นไม่ให้มีแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามได้เลย เป็นการเปิดวงจรได้ 100% แบบไม่มีการกระโดดข้ามมาอีกส่วนหนึ่งได้เลย

2) ส่วน X หมายถึง เป็นการป้องกันกระแสเกินในกรณีต่างๆ ทั้ง กระแสเกิน และกระแสลัดวงจรมาตรฐานสำหรับ C.B หลักๆ ที่มีใช้งานเพื่อความปลอดภัยให้เหมาะสมตามลักษณะการใช้งานโดยมีมาตรฐานหลักๆ ดังนี้

1.2 IEC 60898: Circuit-breaker for Overcurrent Protection for Household and Similar Installation for A.C. and D.C. Operation เป็น C.B ที่ใช้สำหรับบ้านอยู่อาศัย เพื่อป้องกันกระแสเกิน

เซอร์กิตเบรกเกอร์: C.B ประเภทที่เรียกว่า Miniature Circuit Breaker (MCB) ที่ใช้งานตามมาตรฐาน IEC 60898 นี้ ต้องการให้เกิดความปลอดภัยสำหรับบุคคลที่ไม่มีความรู้ที่อยู่อาศัยในบ้านหรือลักษณะคล้ายๆ กันนี้ ดังนั้น C.B ประเภทนี้จะไม่สามารถปรับตั้งค่าได้ เพราะได้มีการปรับตั้งค่าจากโรงงานผู้ผลิตและได้ปิดหรือผนึกไว้ หลังจากมีการปรับตั้งค่ากระแสใช้งาน ที่ค่ากระแสต่างๆ ที่ส่วนใหญ่จะค่อนข้างเหมาะสมกับโหลดที่จะใช้งาน เช่น 6, 10, (13 ไม่นิยมใช้) 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 และ 125 A. ที่มีอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 40 องศาเซลเซียล และเฉลี่ย 24 ชม. ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียล โดยความสูงในการติดตั้งใช้งานไม่เกิน 2,000 เมตร ทั้งนี้ต้องดูเอกสารทางเทคนิคของผู้ผลิตประกอบก่อน เพราะบางผู้ผลิตจะมีอุณหภูมิโดยรอบที่ 30 องศาเซลเซียล หรือความสูงในการติดตั้งใช้งานที่อาจไม่ตรงตามนี้ ดังนั้นต้องตรวจสอบข้อมูลเทคนิคของผู้ผลิตและมาตรฐานที่เกี่ยวข้องก่อนการใช้งาน

1.3 IEC 60947-2: Low-Voltage Switchgear และ Control-Gear: Circuit Breaker

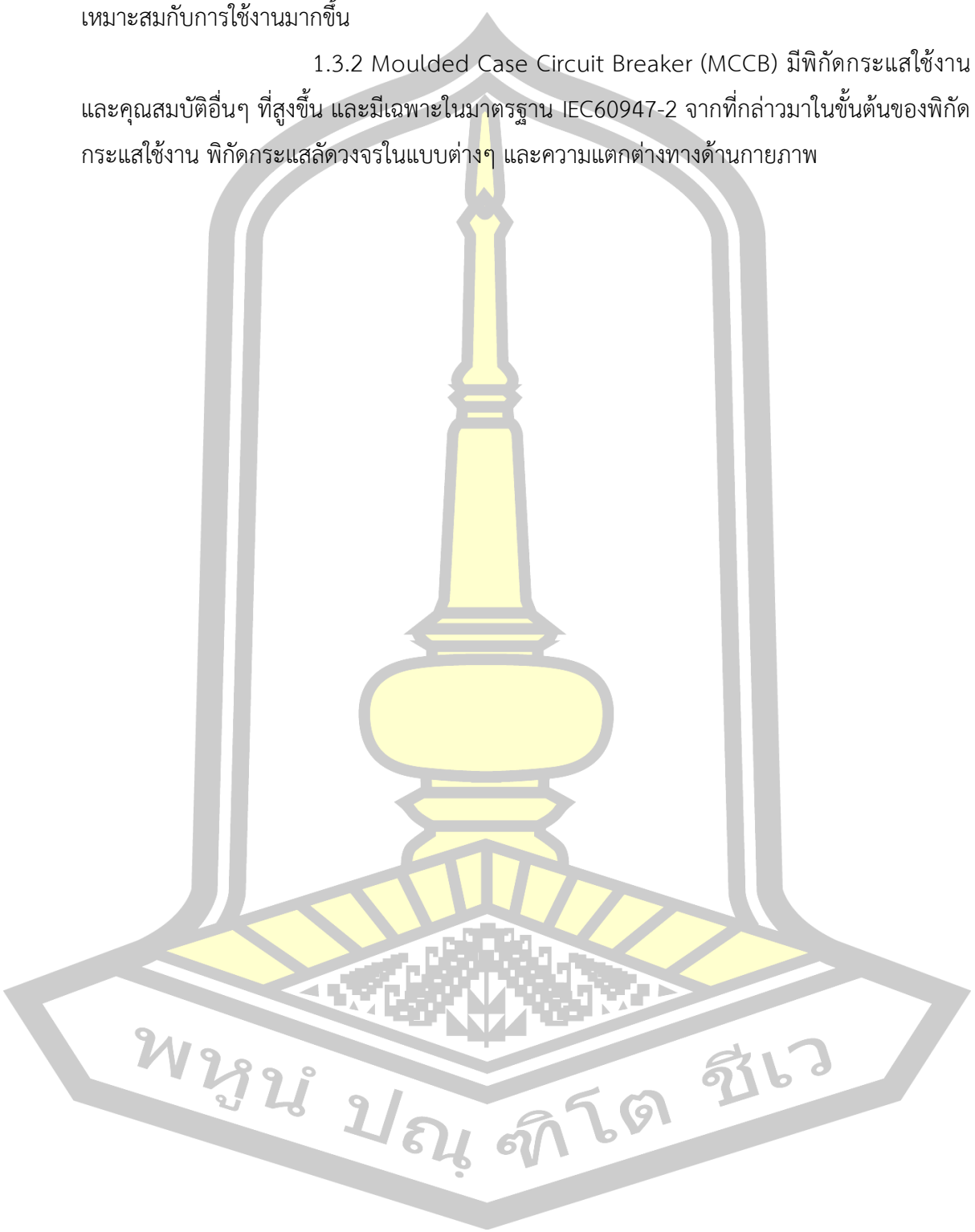
เซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ใช้งานตามมาตรฐาน IEC 60947-2 นี้ ต้องการให้เกิดความปลอดภัยสำหรับบุคคลที่มีความรู้ทางเทคนิค ที่ใช้สำหรับงานอุตสาหกรรม อาคารขนาดใหญ่ หรือสถานที่ต่างๆ ที่มีผู้มีความรู้ทางเทคนิคหรือมีวิศวกรเป็นผู้ดูแล หรือลักษณะการใช้งานที่คล้ายๆ กันนี้ ดังนั้น C.B ประเภทนี้จะแบ่งเป็นประเภทที่สามารถปรับตั้งค่าได้ และไม่สามารถปรับตั้งค่าได้ ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์การใช้งาน หากเป็นรุ่นที่สามารถปรับตั้งค่าได้ โรงงานผู้ผลิตก็จะทำเป็นปุ่มหรือจุดที่สามารถปรับตั้งค่าไว้ให้ ซึ่งปกติจะมีค่ากระแสใช้งาน ขนาดต่างๆ ที่ส่วนใหญ่จะค่อนข้างเหมาะสมกับโหลดที่จะใช้งาน เช่น 0.5, 1, 2, 4, 6, 10, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 160, 250, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200, 4000, 5000 และ 6300A. จากพิกัดกระแสใช้งานของ C.B ที่มีอยู่ของมาตรฐาน IEC 60947-2 จะมีการแบ่งตามลักษณะโครงสร้างดังรูปประกอบนี้

1.3.1 Miniature Circuit Breaker (MCB) ที่มีลักษณะเหมือนกับ C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดยมีพิกัดกระแสใช้งานเหมือนกัน พิกัดกระแสลัดวงจรก็เหมือนกันเกือบ 100% ขนาดก็เท่ากัน เพียงแตกต่างกันที่การทดสอบที่จะมีความเข้มข้นน้อยกว่า C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดย MCB ตามมาตรฐาน IEC60947-2 นี้จะมีคุณลักษณะสมบัติที่หลากหลายกว่า เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานทางด้านอุตสาหกรรม

จากพิกัดกระแสใช้งานข้างต้นแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่ยังต้องกล่าวถึง คือ ลักษณะงานที่ใช้ด้วย ตามมาตรฐานฯ จึงได้ผลิต C.B ตามลักษณะการใช้งานในแต่ละประเภท ที่มีคุณสมบัติ

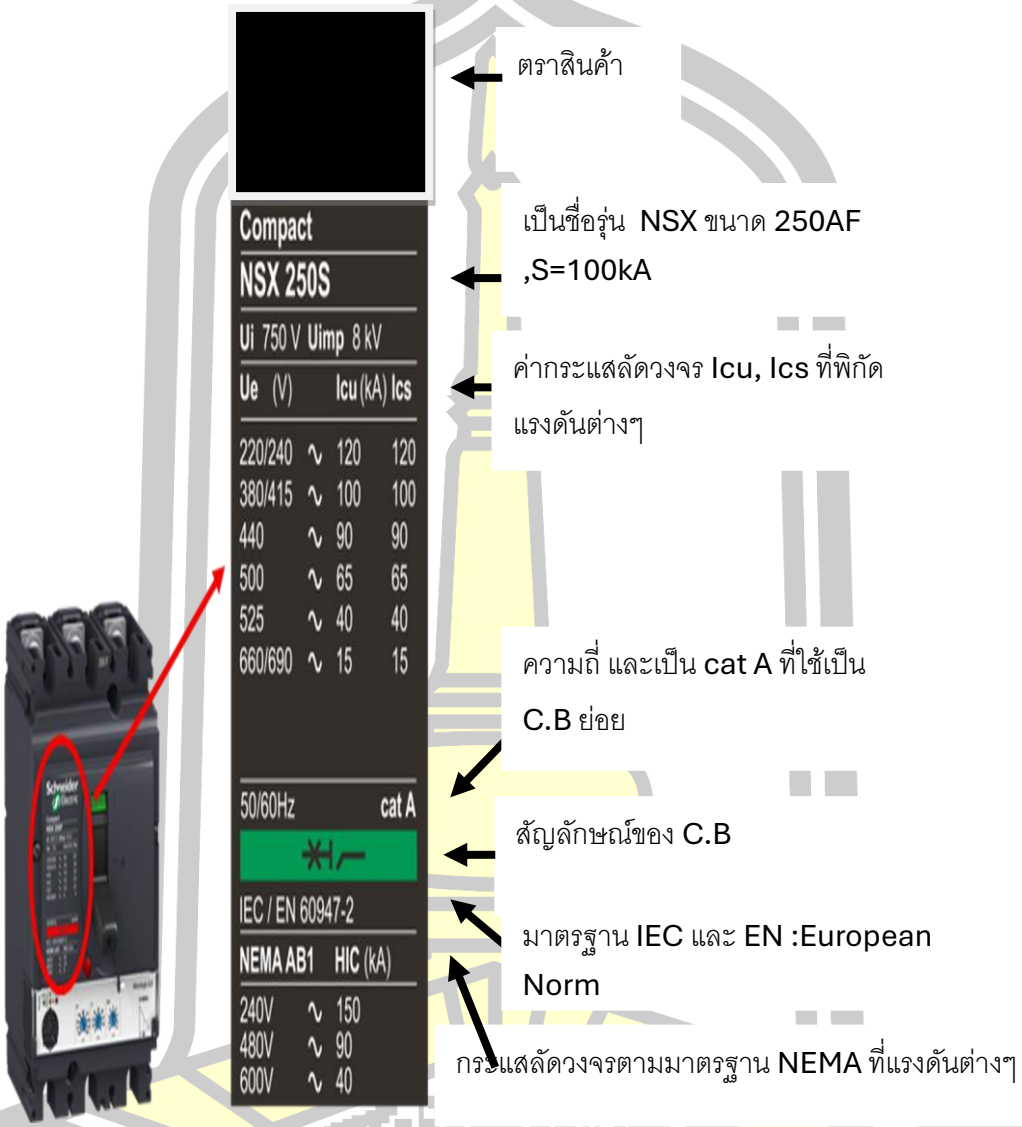
หลากหลายมากกว่า C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดยจะมีการเพิ่มกราฟ K, MA และ Z ให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

1.3.2 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) มีพิกัดกระแสใช้งานและคุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น และมีเฉพาะในมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัดกระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรในแบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพ



การเลือกใช้งาน MCCB

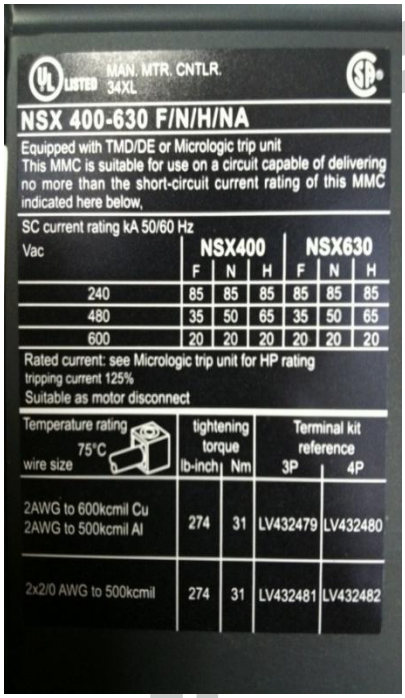
ข้อมูลจากฉลากด้านหน้า ที่ควรทราบ



ตาราง 18 ข้อมูล MCCB ที่มีใน Nameplate

พหุน ปณ ฑิโต ชิเว

2. ข้อมูลจากฉลากด้านข้าง ที่ควรทราบ


MAN. MTR. CNTLR.
34XL

NSX 400-630 F/N/H/NA

Equipped with TMD/DE or Micrologic trip unit
This MMC is suitable for use on a circuit capable of delivering no more than the short-circuit current rating of this MMC indicated here below,

SC current rating kA 50/60 Hz

Vac	NSX400			NSX630		
	F	N	H	F	N	H
240	85	85	85	85	85	85
480	35	50	65	35	50	65
600	20	20	20	20	20	20

Rated current: see Micrologic trip unit for HP rating
tripping current 125%
Suitable as motor disconnect

Temperature rating 75°C wire size	tightening torque lb-inch	Nm	Terminal kit reference 3P	4P
2AWG to 600kcmil Cu 2AWG to 500kcmil Al	274	31	LV432479	LV432480
2x2/0 AWG to 500kcmil	274	31	LV432481	LV432482

Third party laboratory

เป็นชื่อรุ่น NSX ขนาด 400-630AF หลายพิกัด Ic

คำอธิบายประเภทการใช้งาน

ค่ากระแสลัดวงจร ที่พิกัดแรงดันต่างๆ

คำอธิบายประเภทการใช้งาน

คำอธิบายการต่อใช้งาน ความแน่นของการขันสกรูและอุณหภูมิที่ต่อใช้งานกับสายไฟ

ภาพประกอบ 20 ข้อมูลจาก Nameplate ด้านข้างของ MCCB

การพิจารณาบริเวณจมูก หรือ ก้านของ C.B

สัญลักษณ์ I = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพที่ปิดวงจร (ON)

สัญลักษณ์ ▼ = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพที่เปิดวงจร (Trip)

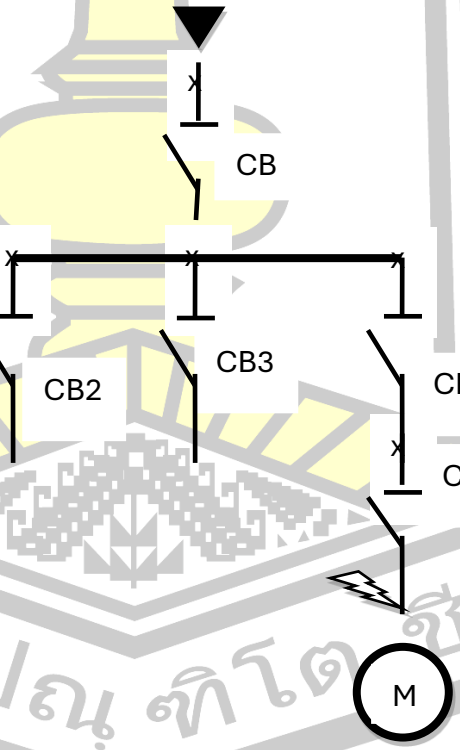
สัญลักษณ์ 0 = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพที่เปิดวงจร (OFF)

ภาพประกอบ 21 ข้อมูลของ MCCB ที่จมูกหรือก้านโยก

เมื่อต้องการใส่อุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น Under Voltage Release, Shunt Opening และ Auxiliary Contact เป็นต้น จะต้องขันสกรู เพื่อเปิดฝาด้านหน้า

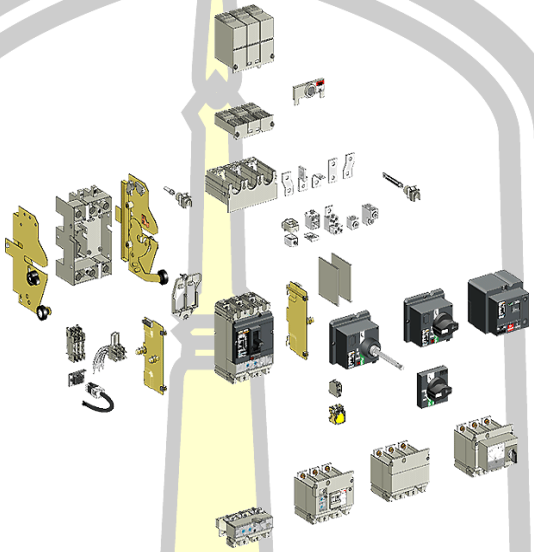
5. เนื่องจากขีดความสามารถของ MCCB นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณสมบัติพื้นฐาน ทำให้ MCCB โดยส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น C.B ตัวเมน เพื่อป้องกันการทำงานในเวลาเดียวกัน หรือ มีการทำงานหลังจากที่ C.B ตัวย่อยได้ เพราะ MCCB นั้นไม่มีคุณสมบัติในส่วนของ Icw ที่จะสามารถทนค่ากระแสลัดวงจรได้นาน กระทั่งให้ C.B ตัวย่อยนั้น ทำงานเพื่อป้องกันกระแสลัดวงจรที่จุดใกล้ที่สุดก่อน ดังตัวอย่างภาพประกอบ 15 นี้ เมื่อมีกระแสลัดวงจรที่ตัวมอเตอร์ CB5 ต้องทำงานตัดวงจร ในขณะเดียวกัน CB4 และ CB1 ก็จะเห็นกระแสลัดวงจรด้วย แต่ที่ CB1 จะไม่มีการตัดวงจร เพราะหากตัดวงจรไป จะทำให้ระบบไฟฟ้าทั้งระบบขาดความเชื่อถือทางระบบไฟฟ้าไป ดังนั้นถ้าต้องการให้ CB1 ไม่ทำงานหรือรอให้ CB5 หรือ CB4 ทำงานเรียงลำดับก่อนหลัง นั้น ตัวเมน หรือ CB1 นั้นต้องเป็น CB ที่มีค่า Icw ตามพิกัดค่ากระแสลัดวงจรที่ออกแบบหรือกำหนดไว้ด้วย ซึ่ง MCCB จะมีเพียง Utilization Category A เท่านั้น จึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นเมนได้ อย่างไรควรสอบถามจากผู้ผลิตก่อนว่า มี Utilization Category B หรือมีไม่? ส่วนใหญ่น่าจะต้องสั่งนำเข้าต่างหาก ไม่ค่อยมีเก็บในคลังสินค้า

การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) ในกรณีที่ CB มีค่า Icw



ภาพประกอบ 22 การทำงานที่สัมพันธ์กัน (Icw)

6. ส่วนประกอบอุปกรณ์เสริมของ MCCB ที่ประกอบด้วย Electrical Auxiliaries, Auxiliary Contacts, Rotary Handle, Motor Mechanism, Lock, Connection, Measurement Module และ Connecter เป็นต้น



ภาพประกอบ 23 ส่วนประกอบของ MCCB

ส่วนประกอบที่สำคัญ ๆ มีดังนี้

6.1 Under Voltage Release เป็นอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่มี Coil เมื่อได้รับกระแสไฟจ่ายเข้า Coil จะมีผลทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป และไม่สามารถ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์ได้ Under Voltage Release ของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็น 1 เฟส จึงควรมีการใส่ Protective Relay เพื่อการทำงานเป็น 3 เฟส และ Electronic Time Delay เพื่อช่วยหน่วงเวลาไม่ให้ระบบไฟฟ้าเสียความเชื่อถือได้ ทั้งนี้การติดตั้งที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์อาจเป็นผลเสีย ทำให้ระบบไฟฟ้าทั้งหมดดับได้ เมื่อเกิดไฟตก หรือ ไฟตกชั่วขณะ ดังนั้นควรติดตั้ง Under Voltage Release เฉพาะโหลด หรือ วงจรที่มีความอ่อนไหวกับแรงดันตก เช่น โหลดที่เป็นมอเตอร์ เป็นต้น

6.2 Shunt Release เป็นอุปกรณ์เสริมของเซอร์กิตเบรกเกอร์ บางทีเรียบว่า shunt trip เป็นอุปกรณ์เสริมที่จ่ายไฟให้ที่ Coil ของ Shunt Trip อุปกรณ์เสริม Shunt Trip ก็จะทำงาน ทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ Trip คือ ไม่สามารถ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์นี้ได้ ปกติจะมีการต่อใช้งานกับการทริปของหม้อแปลง เมื่อหม้อแปลงมีการจ่ายกระแสเกิน เพื่อทำหน้าที่ป้องกันหม้อแปลงไม่ให้จ่ายกระแสเกิน หรือ การทำงานตามต้องการอื่นๆ เพื่อสั่งการให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป

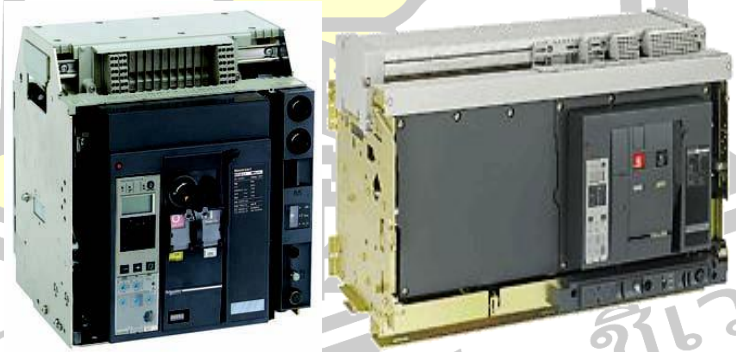
ภาพประกอบ 24 ทางกายภาพของ shunt trip

6.3 Auxiliary Contact เป็นอุปกรณ์เสริมที่มี Contact ช่วย ทั้ง ON–OFF Contact เพื่อการใช้งานร่วมอื่นๆ หรือ เพื่อการต่อใช้ส่งสัญญาณเตือนภัยต่างๆ

6.4 Rotary Handle เป็นอุปกรณ์เสริมในการ ON–OFF เซอร์กิตเบรกเกอร์ อีกแบบหนึ่ง สำหรับการใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตช์ แบบสามารถ ON–OFF เซอร์กิตเบรกเกอร์ ได้ที่หน้าแผงสวิตช์ หรือ หน้าตู้ไฟฟ้า

6.5 Motor Mechanism หรือ ที่นิยมเรียกว่า Motor Drive เป็นอุปกรณ์เสริมที่ทำหน้าที่ Charge Spring เพื่อรอการสั่งการ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์ สามารถออกแบบให้ใช้งานแบบอัตโนมัติในการ ON เซอร์กิตเบรกเกอร์ได้

1.3.3 Air Circuit Breaker (ACB) มีพิกัดกระแสใช้งานและคุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น ตามมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัดกระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรในแบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพที่ จากภาพประกอบดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 25 Air Circuit Breaker: ACB ทางกายภาพ

เนื่องจากพิกัดกระแสใช้งาน มีขนาดใช้งาน เช่น 320, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200A, 4000, 5000เ และ 6300A พิกัดกระแสลัดวงจรมีปริมาณสูงขึ้น

เช่น 42, 50, 65, 70, 80, 100, 120 และ 150kA เป็นสาเหตุให้ ACB นั้นมีขนาดใหญ่ เพื่อการใช้งานที่สะดวกในการใส่สายไฟที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

การเลือกใช้งาน Air Circuit Breaker

1. จากข้อมูลเทคนิคด้านหน้า ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และการทำงานของชุดควบคุมของ ACB สามารถแสดงได้ดังตัวอย่างภาพประกอบ 26

ภาพประกอบ 26 การทำงานของชุดควบคุมของ ACB

2. การพิจารณาเลือกใช้งาน Micro Logic ของ C.B จะมีลักษณะการเลือกใช้งานให้เหมาะสมตามคุณสมบัติของโหลดในแต่ละประเภท แต่ละช่วงเวลา แต่ละหน้าที่การทำงานดังนี้

2.1 Long Time Delay (L) คือ การปรับตั้งค่ากระแสให้ใช้งานได้เหมาะสมกับโหลด

1) กรณีของ MCCB ที่เป็นแบบ Thermo Magnetic ที่ไม่สามารถปรับค่าได้ (Fixed)

2) กรณีของ MCCB ที่เป็นแบบ Thermo Magnetic จะสามารถปรับค่าได้ 80% - 100% In

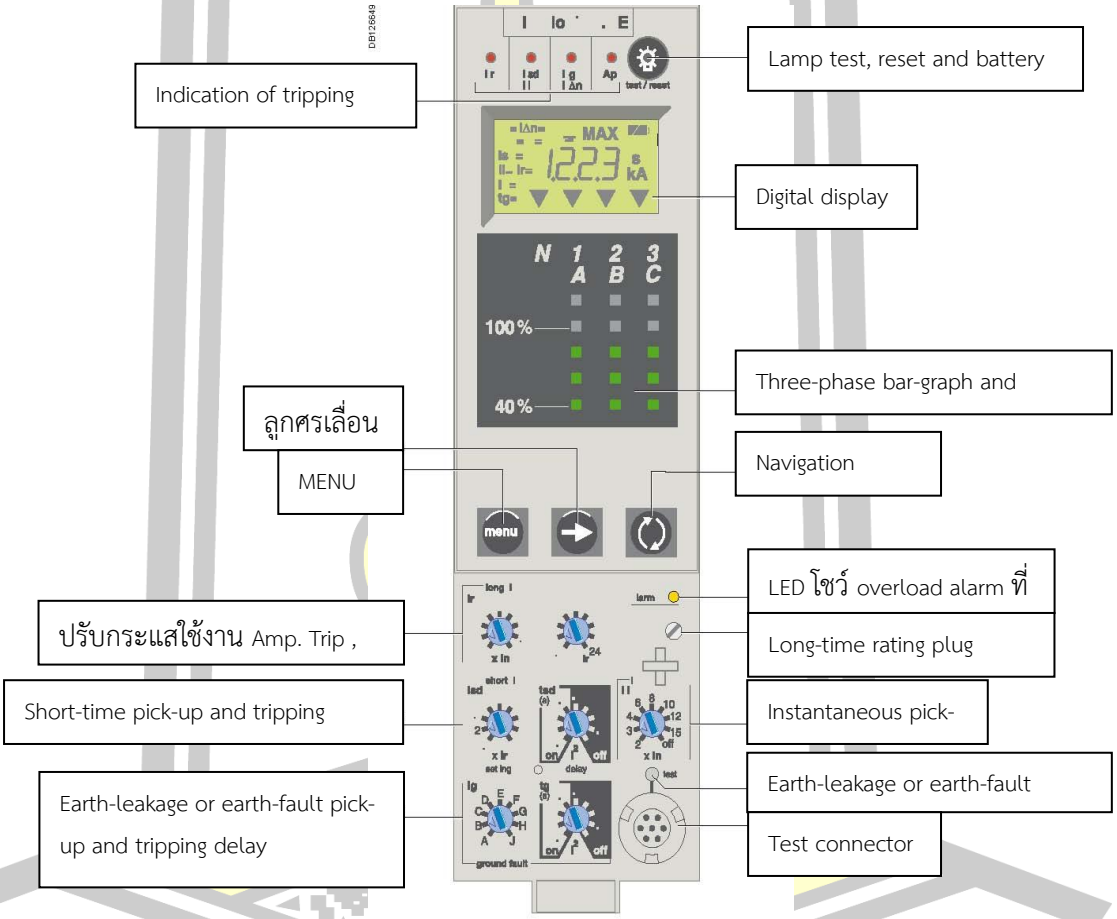
3) กรณีของ MCCB และ ACB ที่เป็นแบบ Micro Logic จะสามารถปรับค่าได้ 40%-100% In ทั้งนี้มีบางรุ่นสามารถที่จะปรับค่าได้ละเอียดมากกว่านี้

ทั้งนี้ยังมี Time Delay เพื่อเป็นการหน่วงเวลาช่วยให้สามารถทำ Coordination ได้ง่ายขึ้นด้วย

2.2 Short Time Delay (S) คือ การปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรแบบมีการหน่วงเวลา

2.3 Instantaneous (I) คือ การปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรแบบทันที (ไม่มีการหน่วงเวลา)

2.4 Ground Fault (G) คือ การปรับตั้งค่ากระแสรั่ว



ภาพประกอบ 27 Micro Logic ของ Air Circuit Breaker

3. ประเภทของ Air Circuit Breaker มี 2 ประเภท คือ Fixed และ Withdrawable ซึ่งจะขึ้นอยู่กับลักษณะในการติดตั้งใช้งานและการบำรุงรักษา

4. ส่วนประกอบอุปกรณ์เสริมของ ACB ที่ประกอบด้วย Electrical Auxiliaries, Auxiliary Contacts, Rotary Handle, Motor Mechanism, Lock, Connection, Measurement Module และ Connecter เป็นต้น

การติดตั้งและใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทั้ง MCB, MCCB และ ACB

1. การติดตั้งและใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องติดตั้งตามข้อกำหนดของผู้ผลิต เช่น พิกัดการขันแน่นของสกูร ระดับความสูงในการใช้งาน ความชื้น ความร้อน เป็นต้น

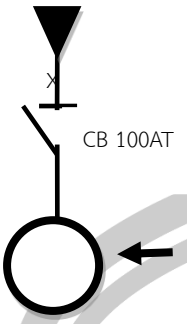
2. การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตช์ฯ ที่ถูกต้องตามแบบฯ และต้องคำนึงถึงความสะดวกต่อการซ่อมบำรุงในอนาคต รวมถึงการป้องกันการลุกลามแต่ละส่วน

3. การตั้งค่าการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้สอดคล้องกับโหลดที่ใช้งาน อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น สายไฟ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ใกล้เคียงในวงจรเกี่ยวเนื่องกัน หรือ การทำ Coordination Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยการทำ Coordination Curve จะต้องได้รับการทวนสอบว่าได้คิดคำนวณหรือ เลือกใช้ตามคุณสมบัติที่ผู้ผลิตได้ทดสอบและระบุไว้แล้วตามโปรแกรมของผู้ผลิตนั้นๆ หรือ การคำนวณจากผู้ผลิตนั้นๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้อง

4. กรณีการออกแบบที่ใช้หลักการ Back Up Protection จะต้องได้รับการทวนสอบว่าได้คิดคำนวณหรือ เลือกใช้ตามคุณสมบัติที่ผู้ผลิตได้ทดสอบและระบุไว้แล้วเท่านั้น หรือ หากเป็นการใช้หลักการ Back Up Protection จะต้องได้รับความเห็นชอบของผู้คุมงาน ผู้ออกแบบ และหรือผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้อง ให้ทราบถึงการใช้งานที่ถูกต้อง

5. การเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ในสภาพที่แวดล้อมปกติ ที่อุณหภูมิ 40 °C เมื่อเราทราบพิกัดกระแสใช้งานของโหลดที่เป็นความต้านทาน (หรือ อาจที่มีค่า XL, Xc ที่ปริมาณน้อยๆ) หรืออุปกรณ์ที่พิกัดกระแสใช้งาน 100A เราควรเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่ 100AT และเลือกใช้ขนาดของสายไฟฟ้าพิกัดกระแสที่ มากกว่า 100% - 125% ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้งาน (100A) เพื่อความปลอดภัยในกรณีการใช้กระแสเกิน โดยไม่ต้องเผื่อขนาดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ มากขึ้นกว่า 100% - 125% เพราะอาจทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ดังกล่าวไม่สามารถทำงานได้ตามคุณลักษณะสมบัติ และเป็นผลให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่ทำงานสัมพันธ์กับโหลดอย่างแท้จริงได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยและเงื่อนไขในการออกแบบ การติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษา

หมายเหตุ : ถ้าโหลดที่เลือกใช้มีโอกาสใช้งานในส่วนกระแสเกินในบางครั้ง อาจใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถปรับตั้งค่าได้และปรับขนาดแอมทริปให้สูงขึ้นได้ แต่ที่สำคัญขนาดของสายไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวเนื่องที่เลือกใช้ควรมีการเผื่อขนาดไว้แต่แรกด้วย หากมีการเผื่อขนาดทุกวงจร ทุกลำดับชั้น ก็จะทำให้สิ้นเปลืองเกินความจำเป็นได้ ดังนั้นการออกแบบที่ดี ควรมีการพิจารณาการใช้งานและเงื่อนไขการใช้งานในกรณีต่างๆ ประกอบด้วย



สายไฟฟ้าที่มีพิกัดทนกระแสได้เท่ากับหรือมากกว่า 100A เช่น สาย NYY 50 Sq.mm.: กลุ่มที่ 7 ตารางที่ 5-30 จะได้กระแส 151A แบบสายแกนเดียว เดินเรียงกัน

ภาพประกอบ 28 วงจรและการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์

108 คำถาม กับเรื่อง ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 อย่างมืออาชีพ

หนังสือ 108 คำถาม กับเรื่อง “ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1” อย่างมืออาชีพ (เตชทัต บูรณะอัศวกุล, 2560ข) ได้นำเนื้อหาตามหัวข้อคำถามต่างๆ ตามการทดสอบความรู้ความสามารถ ทัศนคติ ของช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ.2558 กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน และผสมผสานเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เพิ่มเติมด้วยความรู้ในการต่อลงดินของทางการไฟฟ้านครหลวง และผนวกด้วยประสบการณ์ทางวิชาชีพผสานกับทางปฏิบัติของผู้เขียน เพื่อให้หนังสือเล่มนี้มีความเต็ม เพรียมพร้อมกับช่างฯ และผู้อ่าน ศึกษาหาความรู้ และทราบถึงเหตุและผลของวิชาชีพนี้อย่างถ่องแท้ ขั้นพื้นฐาน

หนังสือ 108 คำถาม กับเรื่อง “ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1” อย่างมืออาชีพ นี้ยังสามารถใช้เป็นหนังสือที่ช่วยตอบข้อสงสัยต่างๆ เพื่อเพิ่มพูนความรู้ ความสามารถกับ ช่างไฟฟ้า ช่างฯอื่นๆ ระดับวิศวกรไฟฟ้า หรือ ผู้เกี่ยวข้องต่างๆ ในสายงานออกแบบ ควบคุมงานติดตั้ง ผู้รับเหมาติดตั้งในระดับต่างๆ เจ้าของโครงการ ผู้จำหน่ายผลิตภัณฑ์ รวมถึงท่านผู้อ่านทั่วไปที่สนใจเกี่ยวกับไฟฟ้า ที่เป็นสิ่งที่มีคุณอนันต์และโทษมหันต์ ทั้งนี้สำหรับท่านอาจารย์ในระดับอุดมศึกษา ปวช. ปวส. ปวท. ปริญญาตรี หรือ สาขาวิชาชีพอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง สามารถนำไปใช้ในการสอน และเผยแพร่ ข้อมูลทางทฤษฎีและปฏิบัติ ให้ได้ความรู้ ความสามารถ และทัศนคติที่ดีต่อผู้เรียนได้

วัตถุประสงค์ของผู้เขียนนั้นชัดเจน ที่มุ่งหวังให้ทุกท่านที่ได้อ่าน ศึกษา และนำไปปฏิบัติใช้เพื่อตนเองและช่วยผู้อื่นให้เป็นประโยชน์ต่อสังคมได้ ขอให้ทุกท่านเตรียมพร้อมสำหรับ การเป็น “ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1” ที่ปลอดภัย และมีมาตรฐานที่ถูกต้อง เหมาะสมกับการใช้งาน

3.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 งานวิจัยในประเทศ

ฐิฏิกานต์ สุริยะสาร (2560: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ผลกระทบของการบริหารต้นทุนคุณภาพที่มีต่อการพัฒนาการบริการและความพึงพอใจของลูกค้าของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย พบว่า การบริหารต้นทุนคุณภาพด้านการประเมิน มีผลกระทบเชิงบวกกับความพึงพอใจของลูกค้า ด้านความผิดพลาดภายใน มีผลกระทบเชิงลบกับความพึงพอใจของลูกค้า นอกจากนั้นต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกันไม่มีผลกระทบต่อความพึงพอใจของลูกค้า ส่วนต้นทุนคุณภาพ ด้านความผิดพลาดภายนอก มีผลกระทบเชิงบวกต่อความพึงพอใจของลูกค้าของธุรกิจโรงแรม และการพัฒนาคุณภาพการบริการมีผลกระทบเชิงบวกกับควาพึงพอใจของลูกค้าของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย ดังนั้นผู้บริหารของโรงแรมควรให้ความสำคัญต่อการบริหารต้นทุนคุณภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดำเนินงานด้านการวางแผน และการตัดสินใจของธุรกิจให้มากที่สุด

ปพฤกษ์บารมี อุตสาหะวาณิชกิจ (2560: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบัญชีต้นทุนคุณภาพและผลการดำเนินงานทางการตลาด: หลักฐานเชิงประจักษ์จากธุรกิจที่ได้รับ ISO9000 ในประเทศไทย พบว่า การบัญชีต้นทุนคุณภาพมีผลกระทบเชิงบวกต่อการบริหารงานที่มุ่งเน้นคุณภาพ ภาพพจน์องค์กร การยอมรับของตลาด และผลการดำเนินงานทางการตลาดและการบริหารงานที่มุ่งเน้นคุณภาพมีอิทธิพลเชิงบวกต่อภาพพจน์องค์กรและการยอมรับของตลาดโดยที่ภาพพจน์องค์กรมีผลกระทบเชิงบวกต่อการยอมรับของตลาดและผลการดำเนินงานทางการตลาด และการยอมรับของตลาดมีบทบาทเชิงบวกในการกำหนดผลการดำเนินงานทางการตลาดและการปฏิบัติทางการบัญชีต้นทุนคุณภาพมีความสำคัญสำหรับกิจการในการบริหารจัดการธุรกิจประสบความสำเร็จ ดังนั้นกิจการจะต้องจัดสรรทรัพยากรอย่างเพียงพอในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้การบัญชีต้นทุนคุณภาพให้มีประสิทธิผลเพื่อให้บรรลุการดำเนินงานที่ดีในสภาพแวดล้อมทางการแข่งขัน

ปรียาวดี ผลอเนก (2560: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การรับรู้ต้นทุนคุณภาพที่มีอิทธิพลต่อขีดสมรรถนะของสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็นในการเข้าสู่เขตเศรษฐกิจพิเศษสระแก้ว พบว่า การรับรู้ต้นทุนคุณภาพด้านต้นทุนการป้องกันและต้นทุนการประเมินคุณภาพมีอิทธิพลต่อขีดสมรรถนะของสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็นในการเข้าสู่เขตเศรษฐกิจพิเศษสระแก้วอย่างมีนัยสำคัญและการรับรู้ต้นทุนคุณภาพของสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็นในการเข้าสู่เขตเศรษฐกิจพิเศษสระแก้วอยู่ในระดับ การรับรู้สูงและขีดสมรรถนะของสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็นในการเข้าสู่เขตเศรษฐกิจพิเศษสระแก้วอยู่ในระดับสูง

วิทยา อินทร์สอน และชูชาติ พยอม (2557: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ แนวคิดการพัฒนาใช้ต้นทุนคุณภาพในงานอุตสาหกรรม พบว่า ต้นทุนคุณภาพด้านความเสียหายมี

ความสัมพันธ์กับชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือขององค์กร ผู้ประกอบการจึงควรตระหนักถึงการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับองค์กร และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับตัวผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ให้ตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ซึ่งจะส่งผลดีทั้งต่อกิจการ

เสกสรร สุธรรมานนท์ (2556: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานผลิตประเก็นสำเร็จรูป พบว่า การประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานผลิต ต้นทุนการตรวจสอบหรือต้นทุนการประเมินมีอิทธิพลต่อระดับคุณภาพของการผลิตสินค้ามากที่สุด ดังนั้นหากโรงงานตองการ ลดหรือเพิ่มระดับคุณภาพรวมควรใหความสำคัญกับประสิทธิภาพการตรวจสอบรับเขาวัตถุดิบ การตรวจสอบ เครื่องมือวัด การตรวจสอบระหว่างระบวนการผลิต การตรวจสอบขั้นตอนสุดท้ายและการตรวจรับรองระบบ ISO 9000 ก่อนที่จะพิจารณาปัจจัยต้นทุนด้านอื่นๆใน

2.4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

B. Li และ H.M. Zhang (2013: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิด การออกแบบของระบบการจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Design of Low-Voltage Power Distribution) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบไฟฟ้ากำลัง บทความนี้ได้ทำการวิเคราะห์และวิจัยระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำซึ่งมีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ประการแรกเป็นการสรุปของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ มีการแนะนำอิทธิพลของการผลิตและการใช้ชีวิตของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ ประการที่สองรูปแบบการเชื่อมต่อและปรัชญาการออกแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำมีการศึกษาในรายละเอียดโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสูงระบบกระจายแรงดันต่ำสรุป

Bo Wang, Payman Dehghanian, Shiyuan Wang, Massimo Mitolo, (2019: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ กฎระเบียบด้านความปลอดภัยหลายประการ โดยเฉพาะการชาร์จไฟของยานพาหนะไฟฟ้า (EV) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยทางไฟฟ้าและป้องกันอุบัติเหตุอันตราย ซึ่งข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า EV (EVSE) และแบตเตอรี่ EV เป็นปัจจัยขับเคลื่อนหลักสองประการ ในปัจจุบัน การประเมินความปลอดภัยทางไฟฟ้าในเชิงปริมาณโดยพิจารณาจากสภาพการทำงานของสถานีชาร์จ EV ขนาดใหญ่ (EVCS) ยังคงเป็นความท้าทาย บทความนี้นำเสนอแนวทางแบบองค์รวมเพื่อประเมินความปลอดภัยทางไฟฟ้าของ EVCS ขนาดใหญ่เมื่อใช้ควบคู่กับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งขับเคลื่อนโดยลำดับชั้นของกลไกควบคุมอันตราย แนวทางของเรามุ่งเน้นไปที่หัวข้อต่างๆ เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของ EVCS เป็นหลัก

C.K. Cheung, R. J. Fuller and M. B. Luther (2004: บทคัดย่อ) Energy Efficient Envelope Design for High-Rise Apartments ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิด พลังงาน

ที่จำเป็นในการสร้างสภาพแวดล้อมที่สะดวกสบายในเมืองที่มีความหนาแน่นสูงในสภาพอากาศร้อนและชื้นมักต้องการการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากพร้อมกับภาระด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เอกสารนี้อธิบายถึงแนวทางการออกแบบแบบผสมผสานเพื่อลดความต้องการการระบายความร้อนสำหรับอพาร์ทเมนต์สูงผ่านการออกแบบเปลือกอาคารที่ได้รับการปรับปรุง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถประหยัดพลังงานทำความเย็นได้ 31.4% ต่อปีและ 36.8% ในภาระการทำความเย็นสูงสุดสำหรับอพาร์ทเมนต์ BASECASE ด้วยแนวทางนี้ อย่างไรก็ตามกลยุทธ์แฝงทั้งหมดให้ผลเล็กน้อยต่อภาระการทำความเย็นแฝงซึ่งมักจะน้อยกว่า 1%

Jardini J A, Tahan C M V, Gouvea M R, Ahn SU, Figueiredo F M, (2000: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การกำหนดเส้นโค้งการรับน้ำหนักของผู้บริโภคที่อยู่อาศัย เชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรมรายวัน โดยพิจารณาจากการวัดภาคสนามที่ดำเนินการโดยสาธารณูปโภคของพลังงานไฟฟ้าของรัฐเซาเปาโล ประเทศบราซิล วิธีการรวมของโหลดเหล่านี้เพื่อกำหนดโหลดที่คาดหวังในอุปกรณ์ในส่วนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าของเครือข่ายการกระจายโดยใช้กราฟตัวแทนรายวันของกิจกรรมของผู้บริโภคแต่ละรายและการใช้พลังงานรายเดือนของผู้บริโภคที่เชื่อมต่อ

L. Moreno-Díaz, E. Romero-Ramos, A. Gómez-Expósito, E. Cordero-Herrera, J. R. Rivero and J. S. Cifuentes, 2018: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำกำลังเข้ามามีบทบาทหลัก เนื่องจากมีการสร้างแบบกระจายจำนวนมาก ความท้าทายที่เกิดจากตัวดำเนินการใหม่เหล่านี้ ต้องการจากโมเดลเครือข่ายที่เชื่อถือได้ ซึ่งหมายถึงการรู้พารามิเตอร์โดยละเอียดซึ่งโดยปกติแล้วผู้ผลิตไฟฟ้าและไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบระบบสาธารณูปโภคไม่ได้ให้มาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าเหล่านี้ เอกสารนี้ทำการประเมินเปรียบเทียบความถูกต้องจากรุ่นต่างๆ ที่นำมาใช้กับเครื่องป้อนไฟฟ้าแรงต่ำในการวิเคราะห์ระบบจำหน่าย โมเดลเหล่านี้ได้รับการประเมินสำหรับระดับต่างๆ ของความไม่สมดุลและการรุกรุ่นแบบกระจาย ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่อาจส่งผลต่อความแม่นยำของโมเดล ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการเลือกแบบจำลองที่มีความแม่นยำเพียงพอ ตลอดจนอิทธิพลของระบบกราวด์ที่เป็นกลาง (การแยกตัว การต่อสายดินอิมพีแดนซ์หรือสายดินอย่างแน่นหนา) อาจมีความสำคัญในบางกรณี ข้อสรุปหลักคือการขาดโมเดลตัวป้อนแบบละเอียดสามารถหลีกเลี่ยงการระบุแรงดันและกระแสเกินขีดจำกัด

M. A. Choudhry and W. Zada, (2005: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเทคนิคต่างๆ มากมาย เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าและลดต้นทุนในการจัดหาไฟฟ้าให้กับผู้บริโภค ในบทความนี้ จะนำเสนอเทคนิคง่ายๆ สำหรับการคำนวณความจุตัวประกอบกำลังในการตั้งค่าอุตสาหกรรม/เชิงพาณิชย์ขนาดกลาง โหลดต่างๆ ของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่คล้ายคลึงกันจะถูกจัดประเภทและเลือกปัจจัยความต้องการของโหลดเพื่อให้มีเหตุผลทางวิศวกรรม ระบบที่เสนอนี้ทำงานบนหลักการของการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแรงต่ำ ซึ่งช่วยลดค่าไฟฟ้าได้อย่างมากและ

เพิ่มความสามารถในการโหลดของระบบไฟฟ้า ช่วยให้ผู้บริโภคในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรม สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้อย่างมาก งานนี้เสริมด้วยแอพพลิเคชั่นซอฟต์แวร์ ซึ่งใช้อินพุตเพียงเล็กน้อยและให้ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์มากมาย การใช้ระบบนี้ช่วยผู้ใช้ในการคำนวณความสามารถในการชดเชย ระบบ KVA (ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า) และต้นทุนการชดเชย คุณลักษณะของระบบนี้คือการคาดการณ์ค่าปรับ PF ต่ำ นอกจากนี้ยังแนะนำระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น

P. A. Scarpino and F. Grasso, (2017: บทคัดย่อ) การก่อสร้างสถานพยาบาลขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์โหลดไฟฟ้าอย่างรอบคอบ เพื่อให้มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความพร้อมในการให้บริการแม้ในสภาวะวิกฤต นอกจากนี้ ระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้าของสถานพยาบาลที่ซับซ้อน มีโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนมาก ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า (PQ) อย่างมีนัยสำคัญ และสูญเสียความบริสุทธิ์ของรูปคลื่นของวัสดุสิ้นเปลือง แรงดันตกและบวมอาจทำให้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนล้มเหลว ปิดเครื่อง และสร้างความไม่สมดุลของกระแสขนาดใหญ่ ผลกระทบเหล่านี้อาจทำให้ลูกค้าเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากและทำให้อุปกรณ์เสียหาย ดังนั้น เพื่อที่จะให้บริการของสถานพยาบาลอย่างต่อเนื่องและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่แตกต่างกัน การกระจายพลังงานแอคทีฟและรีแอกทีฟที่ถูกต้องจะต้องเป็นที่ทราบกันดี เพื่อจุดประสงค์นี้ การวิเคราะห์การไหลของโหลดบนเครือข่ายแรงดันปานกลางและแรงดันต่ำทำให้สามารถกำหนดโปรไฟล์แรงดันไฟฟ้าในบัสทั้งหมดของระบบ และด้วยเหตุนี้กระแสไฟที่ใช้งานและรีแอกทีฟและกระแสไฟลัดวงจรในสาขาต่างๆ เอกสารนี้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าของสถานพยาบาลโดยเริ่มจากการจำแนกโหลดไฟฟ้า จากคำจำกัดความของเครือข่ายทอพอโลยีและการคำนวณการไหลของโหลด เพื่อให้แน่ใจว่ามีการกระจายพลังงานแอคทีฟและรีแอกทีฟที่ถูกต้อง และความสมดุลที่แท้จริงในแง่ของการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ความแปรผันที่มีนัยสำคัญของแรงดันไฟฟ้าที่เกินขีดจำกัดนั้นเกิดจากกระแสพลังงานปฏิกิริยาขนาดใหญ่และฮาร์โมนิกบนเครือข่าย ซึ่งอาจทำให้สูญเสียแรงดันไฟฟ้า นอกเหนือจากการสูญเสียพลังงานจำนวนมาก โหลดไฟฟ้าที่ไม่สมดุลสูงอันเนื่องมาจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทางการแพทย์ที่ไม่ต่อเนื่องอาจทำให้เกิดพฤติกรรมที่คาดเดาไม่ได้ในเครือข่าย เพิ่มความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนที่สุดและการหยุดชะงักโดยไม่คาดคิดและไม่คาดคิด บทความนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับวิศวกร ช่างเทคนิค และนักออกแบบ เพราะสามารถเป็นเครื่องมือในการจัดทำโครงการออกแบบไฟฟ้าที่ดีได้

Rodolfo Araneo, Payman Dehghanian, Massimo Mitolo, (2019: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ห้องปฏิบัติการวิชาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยซึ่งสามารถสอน เรียนรู้ และดำเนินการวิจัยได้ การแบ่งปันหลักการทั่วไป การป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นและการบาดเจ็บที่ใกล้จะเกิดขึ้นเป็นเป้าหมายพื้นฐานของสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ อภิปรายถึงความท้าทายต่อความปลอดภัย

ทางไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการทางวิชาการสมัยใหม่ ซึ่งผู้ใช้อาจสัมผัสกับแรงดันไฟฟ้าสัมผัสที่เป็นอันตราย

Tatietse T T, Villeneuve P, Ngundam J, Kenfack F, (2002: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าจากประชากรจำนวนมากยังคงถูกจำกัดในเมืองของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมาตรฐานเกี่ยวกับพลังงานที่ติดตั้งและการบริโภคไม่เหมาะกับระดับของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ครัวเรือนเป็นเจ้าของ ในบทความนี้ แคเมอรูนได้เสนอวิธีการประเมินความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ที่อยู่อาศัยจริงในด้านไฟฟ้า แนวทางนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดลักษณะ จำนวน และกำลังของเครื่องใช้ตลอดจนระยะเวลาการทำงาน วิธีการใช้คือการสำรวจที่จัดการให้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของครัวเรือน แบบสอบถามโดยละเอียดจะประเมินการบริโภคเฉพาะและกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้งและยังใช้ในการสร้างเส้นโค้งการรับน้ำหนักของครัวเรือนอีกด้วย ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันไปตามขนาดของเมือง และภายในเมือง ไปจนถึงรายได้ของครัวเรือน พลังงานเฉลี่ยที่ใช้ต่อที่อยู่อาศัยคิดเป็นน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าที่กำหนดโดยบรรทัดฐานปัจจุบัน หากดำเนินการ วิธีการดังกล่าวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลงทุนและการดำเนินงานของเครือข่าย กราฟโหลดที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากำลังขับสูงสุดถูกบันทึกในตอนเย็น และความต้องการในครัวเรือนนั้นคิดเป็นส่วนใหญ่ กลยุทธ์ที่เสนอนี้จะช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงน่าสนใจสำหรับประชากรในเมืองที่ยากจน

Andréa T. R. Barbosa; Fábio Iaione; Luiz E. S. Spalding, (2010: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ งานวิจัยด้านสาธารณสุขมักรายงานเกี่ยวกับอุบัติเหตุที่เกิดจากปัญหาไฟฟ้าช็อตระหว่างการผ่าตัดทั้งในผู้ป่วยและทีมแพทย์ ควรสังเกตว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนใหญ่มักสัมผัสกับผู้ป่วยและ/หรือกับผู้เชี่ยวชาญทางการแพทย์ในระหว่างการใช้งาน ดังนั้น อันตรายจากไฟฟ้าช็อตจึงเกิดขึ้นอยู่เสมอในสภาพแวดล้อมดังกล่าว เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหานี้ จึงมีการระบุอุปกรณ์บางอย่างสำหรับตรวจสอบระบบไอทีและการใช้งานอุปกรณ์เหล่านี้ซึ่งโดยปกติแล้วจำเป็นตามมาตรฐาน งานวิจัยที่อธิบายไว้ในเอกสารฉบับนี้เสนอระบบความปลอดภัยทางไฟฟ้าและข้อมูลในสภาพแวดล้อมที่สำคัญในโรงพยาบาลที่ตรงตามมาตรฐาน ระบบนี้มีอุปกรณ์ตรวจสอบฉนวนและตัวแจ้งซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบไอที โดยมีลักษณะเฉพาะที่ยังไม่ได้เผยแพร่ In a hospital: An electrical safety and information system DOI: 10.1109/IEMBS.2010.5626001 September

Giuseppe Parise; Luigi Parise; Luigi Martirano; Antonino Germole, (2015; บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ สถาปัตยกรรมระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลได้รับการออกแบบมาเพื่อรองรับพฤติกรรมการใช้ไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นซึ่งเพียงพอที่จะทนต่อแรงภายนอก เช่น แผ่นดินไหว ไฟไหม้ และน้ำท่วม โดยใช้แนวทางแบบ "ดาร์วิน" สถาปัตยกรรมระบบไฟฟ้าซึ่งได้รับการสนับสนุนจากระบบควบคุมการกำกับดูแลและการจัดการความต่อเนื่องทางธุรกิจ (BCM) จะต้องรับประกันประสิทธิภาพ

การทำงานที่รักษาความต่อเนื่องของบริการทั่วโลก การออกแบบระบบควรคำนึงถึงการคัดเลือกข้อผิดพลาดและภูมิคุ้มกันต่อการรบกวน ความสามารถในการบำรุงรักษาระบบและส่วนประกอบต่างๆ ได้อย่างง่ายดาย ความยืดหยุ่น และความสามารถในการขยาย บทความนี้จะกล่าวถึงกรณีตัวอย่างของระบบในอาคารต่างๆ โดยใช้แนวทางระดับจุลภาคเพื่อตอบสนองความต้องการของโรงพยาบาลและประสิทธิภาพคุณภาพทางการแพทย์ Service Continuity Safety by Design: The Relevance of Electrical Power-System Architectures in Hospitals DOI: 10.1109/MIAS.2015.2459533

602-2007 - IEEE Recommended Practice for Electric Systems in Health Care Facilities 10.1109/IEEESTD.2007.4299432 Hospital equipment Electrical engineering in general;

IEEE, (2007: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ แนวทางปฏิบัติที่แนะนำสำหรับการออกแบบและการทำงานของระบบไฟฟ้าในสถานพยาบาล คำว่าสถานพยาบาลที่ใช้ในที่นี้หมายความรวมถึงอาคารหรือส่วนของอาคารที่มีโรงพยาบาล บ้านพักคนชรา สถานดูแลผู้ป่วยในที่พักอาศัย คลินิก ศูนย์ดูแลสุขภาพผู้ป่วยนอก และสำนักงานแพทย์และทันตกรรม อาคารหรือส่วนของอาคารภายในกลุ่มอุตสาหกรรมหรือเชิงพาณิชย์ที่ใช้เป็นสถานพยาบาลนั้นเข้าข่ายแนวทางปฏิบัติที่แนะนำนี้โดยตรรกะ

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย การประเมินการใช้พลังงานโดยรวม ตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า กรณีศึกษาสำหรับอาคารชุดหรืออาคารสูง ในกรุงเทพมหานคร โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่าง
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
7. การประเมินการใช้พลังงานโดยรวม ตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า

3.1 ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาคารสถานพยาบาล ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า > 1000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase ตามข้อกำหนด พรบ.สภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม หรืออาคารสาธารณะ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร ทั้งนี้หากอาคารสถานพยาบาลมีหม้อแปลงขนาดเล็กกว่า 1000kVA ก็สามารถนำมาพิจารณาได้ เนื่องจากหม้อแปลงจะมีด้านปฐมภูมิที่มีแรงดัน > 12kV ซึ่งเป็นไปตาม พรบ.สภาวิศวกร

การหากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยของข้อมูลอาคารสถานพยาบาล เลือกใช้จำนวนของหม้อแปลง ในการวิจัยฯ จะเน้นเรื่องการการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม และการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใช้จริง เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นจำนวนหม้อแปลงที่เข้าข่าย ความเชื่อถือของข้อมูลอย่างเต็มที่ ซึ่งสามารถคิดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดการสุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน โดยมีข้อกำหนดของแต่ละส่วน แต่ละขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นตอนการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้จำนวนของอาคารที่พักอาศัย ในประเทศไทย โดยมีการเก็บข้อมูลของสถานพยาบาลทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ซึ่งมีจำนวนทั้งสิ้น 13,536 อาคาร โดยใช้การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบบทราบจำนวนประชากร ใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Taro Yamane, 1973)

$$n = \frac{N}{1 + Ne^2}$$

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างที่ต้องการ

N = จำนวนประชากร

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า

กำหนดให้ N = 13,536 อาคาร e = 0.05

$n = N / (1 + Ne^2)$

$= 13,536 / \{1 + (13,536 \times 0.05^2)\}$

$= 13,536 / \{1 + 33.84\}$

$= 13,536 / 34.84$

$= 388.52$ ตัวอย่าง

ดังนั้นจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ต้องทำการสอบถามต้องมีจำนวนมากกว่า 388.52 ตัวอย่าง จากข้อมูลของ Thai Care Cloud ttps://www.thaicarecloud.org/report-cocs/show-overview สรุปยอดข้อมูล ณ วันอาทิตย์ ที่ 4 สิงหาคม พ.ศ. 2567 เวลา 12:28:52 น.

2. พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาคารสถานพยาบาล ในประเทศไทย

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และประเมินผล มีดังนี้

3.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 10.00 - 12.00น. หรือ 13.00 - 16.00น. วันจันทร์ ถึง วันศุกร์ หรือ ช่วงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง

3.2 ช่วงระยะเวลาการเก็บข้อมูล 16 กุมภาพันธ์ 2564 – 15 สิงหาคม 2567

3.3 ระยะเวลาในการวิจัย 15 กรกฎาคม 2567 – 31 สิงหาคม 2567

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยเป็นแบบข้อมูล (Data) เป็นแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล โดยข้อมูลที่ต้องการให้ทางผู้ดูแลอาคารชุดช่วยกรอกข้อมูลให้ เป็นข้อมูลทั่วไปและข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้นง่ายๆ ซึ่งได้สร้างแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูลที่มุ่งเน้นให้ตรงตามวัตถุประสงค์และกรอบแนวคิดการวิจัยที่กำหนดขึ้น โดยแบบฟอร์มฯ ได้แบ่งออกเป็น 4 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับประเภทองอาคารสถานพยาบาล ที่มีขนาดหม้อแปลงตั้งแต่ > 1000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase การแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯ เช่น

1. ชื่อสถานพยาบาล

2. อายุของผู้ให้ข้อมูล
3. ตำแหน่งของผู้ให้ข้อมูล
4. ที่ตั้งของสถานพยาบาล
5. จำนวนเตียง

ตอนที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิค ที่เกี่ยวกับรายละเอียดทางเทคนิค ดังนี้

1. จำนวนอาคารของทั้งสถานพยาบาล
2. ประเภทของหม้อแปลง
3. ขนาดของหม้อแปลง
4. ขนาดพิกัดกระแสใช้งานของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ Ampere Trip: AT
5. ขนาดพิกัดโครงสร้างเมนกระแสกิตเบรกเกอร์ Ampere Frame: AF
6. ขนาดกระแสใช้งานจริง (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง)
7. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งานจริง
8. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ทั้งหมดที่มีใช้

ตอนที่ 3 ระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของช่างไฟฟ้าหรือวิศวกรไฟฟ้า

เพื่อขอความคิดเห็น ให้ระดับความเหมาะสมจากผลของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาลในประเทศไทย เพื่อสำรวจความรู้ ความเข้าใจ และความคิดเห็นด้านความเหมาะสมของผู้ดูแลอาคารสถานพยาบาล ให้เห็นถึงพิกัดความสามารถของหม้อแปลง เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารฯ เพื่อประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปรับตั้งค่าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับชีวิตและทรัพย์สินของอาคารฯ

1. ขนาดหม้อแปลงที่ใช้งานมีความเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่
2. ขนาดพิกัดกระแสใช้งานของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ AT เหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่
3. ขนาดพิกัดโครงสร้างเมนกระแสกิตเบรกเกอร์ AF ความเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่
4. จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่มีเหมาะสมกับการออกแบบหรือไม่
5. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งานจริงเหมาะสมกับการใช้งานจริงหรือไม่
6. อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยรวมของระบบไฟฟ้า มีการเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมหรือไม่
7. ระบบไฟฟ้าที่ท่านใช้งานอยู่ มีความปลอดภัยอย่างเหมาะสมหรือไม่
8. การออกแบบที่มีการเลือกบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใหญ่ เผื่อๆ ไว้นั้น มีความเหมาะสมหรือไม่

3.5 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ

ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1.ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปริมาณ ตามหลักการทางวิศวกรรมและทางสถิติ มาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การติดตั้ง และการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของอาคารฯ เพื่อนำมาเป็นข้อกำหนดในการจัดทำแบบฟอร์มฯ

2. จัดทำแบบฟอร์มฯ การเก็บข้อมูลการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าและการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม หรือพิกัดกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่ใช้งานผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า โดยพิจารณาเนื้อหาให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ความมุ่งหมาย และสมมติฐานในการวิจัย

3. นำแบบฟอร์มฯ เก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม หรือพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานโดยรวม ที่สร้างขึ้นมาตามกรอบแนวคิดเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความถูกต้องของการใช้ภาษาและครอบคลุมเนื้อหาของงานวิจัย เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำ

4. ปรับปรุงแก้ไขแบบฟอร์มฯ ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและครอบคลุมเนื้อหาของการวิจัยประกอบด้วย

4.1 รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ประธานกรรมการสอบ

4.2 ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูลย์ กรรมการสอบ และอาจารย์ที่ปรึกษา

4.3 รองศาสตราจารย์ ดร. นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์ กรรมการสอบ

4.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บัญชา วัฒนะกรรมการสอบ

5. ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน

6. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรม SPSS เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

6.1 T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

6.2 Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวนหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

6.3 การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

6.4 P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

6.5 การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Test) โดยใช้ผลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสำหรับสถานพยาลาลเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ต้องมีค่า 80% ขึ้นไป จึงจะถือว่ายอมรับได้

6.6 การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้ง 3 ท่านที่หลากหลายด้าน เช่น คณะผู้ร่างมาตรฐานฯ หรือ คณาจารย์ หรือ ผู้ออกแบบ หรือ ผู้รับเหมาติดตั้ง หรือหน่วยงานการไฟฟ้าฯ เป็นต้น โดยรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เบ้าธรรม, 2558: 114)

สูตรการคำนวณค่า $IOC = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}}$ หรือ $IOC = \frac{\sum x}{N}$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา

X คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

+1 หมายถึง คำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์

- 1 หมายถึง คำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือ นิยามศัพท์

เกณฑ์การแปลความหมาย มีดังนี้

ค่า IOC > 0.50 หมายความว่า คำถามนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ค่า IOC < 0.50 หมายความว่า คำถามนั้นไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

7. นำแบบการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม ไปทดลองใช้ (Try-Out) กับอาคารที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เช่น อาคารชุดที่พักอาศัย และ อาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีจำนวนหม้อแปลงมากกว่า 400 ตัว และใช้การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติต่างๆ ประกอบดังนี้

7.1 T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

7.2 Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวนหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

7.3 การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

7.4 P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

7.5 การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Test) โดยใช้ผลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสำหรับสถานพยาลาลเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ต้องมีค่า 80% ขึ้นไป จึงจะถือว่ายอมรับได้

7.6 การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้ง 3 ท่านที่หลากหลายด้าน เช่น คณะผู้ร่างมาตรฐานฯ หรือ คณาจารย์ หรือ ผู้ออกแบบ หรือ ผู้รับเหมาติดตั้ง หรือหน่วยงานการไฟฟ้าฯ เป็นต้น โดยรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่านมาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เบ้าธรรม, 2558: 114)

8. นำผลที่ได้รับจากการตรวจสอบคุณภาพของแบบข้อมูลเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้งเพื่อปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ แล้วจัดทำเป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป

9. รวบรวมเอกสาร เพื่อส่งอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประกอบด้วยเอกสาร ดังนี้

9.1 เล่มเค้าโครง 3 บท ที่ผ่านกระบวนการอนุมัติสอบ งานวิจัยแล้ว

9.2 เอกสารอนุมัติรายงานสอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์

9.3 แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์

9.4 เอกสารใบประกาศนียบัตร ผ่านการอบรมและทดสอบจรรยาบรรณการวิจัยในมนุษย์

9.5 รอเอกสารการอนุมัติจากคณะวิศวกรรมศาสตร์

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงนำเรื่องเรียนปรึกษาทางอาจารย์ที่ปรึกษาในส่วนของวิทยานิพนธ์ โดยศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูลย์ ได้ให้การสนับสนุนในแนวความคิดที่จะส่งแบบฟอร์มฯ แบบออนไลน์ เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าว

ทางผู้วิจัยได้โทรเรียนแจ้งทางเจ้าของบริษัทต่างๆ ที่เป็นผู้ดูแลอาคารตามรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างประชากรเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ และส่งลิงค์ แบบฟอร์มฯ ที่เป็นแบบ Google Form online ผ่าน Line Application
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScOOMHhBbAxrLUTRJojH_2GyDKVw6ESqCOY2wF5R3El6G86pQ/viewform?usp=sf_link

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องด้วยการส่งแบบฟอร์มฯ เป็นแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form และ Line Application ดังนั้นการเก็บรวมรวมข้อมูลจากแบบฟอร์มที่เป็นแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form ซึ่งกระบวนการในการเก็บรวมรวมข้อมูลจึงเป็นเรื่องที่สะดวกรวดเร็วมากๆ และสามารถได้ข้อมูลแบบ real time ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้ (Veček et al., 2014)

1.ดำเนินการจัดทำแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย โดยการใช้แบบฟอร์มฯ ที่ได้ผ่านอนุมัติจากคณะฯ และ มาดำเนินการแปลงเป็น Google Form โดยการเก็บข้อมูลมีจำนวนมากกว่า 20% ของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย พร้อมกับตรวจสอบ ความถูกต้องครบถ้วน และความสมบูรณ์ของเอกสารเพื่อนำส่งไปตามช่องทางที่ได้เตรียมไว้ โดยจะเน้นการส่งข้อมูลผ่านทางไลน์เป็นหลัก หรืออาจมีบางกรณีที่ต้องส่งเป็นอีเมล์ เนื่องจากทางผู้บริหารของบริษัทดูแลอาคารฯ สะดวกในการส่งโดยตรงหรือส่งต่อให้กับผู้ดูแลอาคารโดยตรงในแต่ละอาคารฯ

2. ดำเนินการจัดส่งแบบการเก็บข้อมูล และการเข้าสำรวจกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย

3. โดยทางผู้วิจัยได้เรียนแจ้งทางเจ้าของบริษัทต่างๆ ที่เป็นผู้ดูแลอาคารตามรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างประชากรเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ และส่งลิงค์ แบบฟอร์มฯ ที่เป็นแบบ Google Form online ผ่าน Line Application
https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScOOMHhBbAxrLUTRJojH_2GyDKVw6ESqCOY2wF5R3El6G86pQ/viewform?usp=sf_link

4. ขอข้อมูลจากการเก็บข้อมูล ในกรณีที่อาคารมีการจัดเก็บข้อมูลโดยตลอด โดยทางผู้ดูและอาคารฯ สามารถนำข้อมูลที่เคยบันทึก หรือ เคยทำการวิเคราะห์มาแล้ว นำมาใช้ในการให้ข้อมูลในแบบฟอร์มฯ ได้อย่างสะดวก

5. ตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วนในเนื้อหาของแบบฟอร์มฯ

6. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบฟอร์มฯ ที่ได้แปลงข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนการจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนต่อไป

3.7 การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบฟอร์มฯ ด้วยวิธีออนไลน์ ผ่าน Google Form ที่เป็นโปรแกรมที่สะดวกในการใช้งานอย่างมาก สามารถจัดทำข้อมูลและแบ่งการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลใน Excel และจัดเป็นแต่ละส่วนได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การจัดการข้อมูล การแยกแยะข้อมูลในส่วนต่างๆ แต่ละตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารสถานพยาบาล ในประเทศไทย ที่มีขนาดหม้อแปลงตั้งแต่ > 1000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase ตามข้อกำหนด พรบ.สภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม หรือเป็นอาคารสาธารณะ โดยการแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารฯ ดังนี้

1. ชื่อสถานพยาบาล
2. อายุของผู้ให้ข้อมูล
3. ตำแหน่งของผู้ให้ข้อมูล
4. ที่ตั้งของสถานพยาบาล
5. จำนวนเตียง

นำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ เป็นรายละเอียดในแต่ละหัวข้อในตาราง Excel และดำเนินการกำหนดตัวแปร เพื่อนำเข้าโปรแกรม SPSS วิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งเป้าหมายไว้

ตอนที่ 2 การนำข้อมูลทางเทคนิค มาแยกแยะและเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิค เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์หาค่าผลต่าง เพื่อประเมินการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้ากับการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารฯตามแนวทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วย ค่าความถี่ (Frequency) และร้อยละ (Percentage) รวมถึงการหาค่าเฉลี่ย (Mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยการกำหนดการแปลความหมายค่าเฉลี่ย (ประคอง กรรณสูต, 2535: 77) และการวิเคราะห์ผลในแต่ละหัวข้อ

1. จำนวนอาคารของทั้งสถานพยาบาล
2. ประเภทของหม้อแปลง
3. ขนาดของหม้อแปลง
4. ขนาดพิกัดกระแสใช้งานของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ Ampere Trip: AT
5. ขนาดพิกัดโครงสร้างเมนกระแสกิตเบรกเกอร์ Ampere Frame: AF
6. ขนาดกระแสใช้งานจริง (พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง)
7. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งานจริง

8. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ทั้งหมดที่มีใช้

ตอนที่ 3 ระดับความเหมาะสมตามความคิดเห็นของช่างไฟฟ้าหรือวิศวกรไฟฟ้า

เพื่อขอความคิดเห็น ให้ระดับความเหมาะสมจากผลของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาลในประเทศไทย เพื่อสำรวจความรู้ ความเข้าใจ และความคิดเห็นด้านความเหมาะสมของผู้ดูแลอาคารสถานพยาบาล ให้เห็นถึงพิกัดความสามารถของหม้อแปลง เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารฯ เพื่อประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปรับตั้งค่าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับชีวิตและทรัพย์สินของอาคารฯ

1. ขนาดหม้อแปลงที่ใช้งานมีความเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่
2. ขนาดพิกัดกระแสใช้งานของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ AT เหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่
3. ขนาดพิกัดโครงสร้างเมนกระแสกิตเบรกเกอร์ AF ความเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่
4. จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่มีเหมาะสมกับการออกแบบหรือไม่
5. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งานจริงเหมาะสมกับการใช้งานจริงหรือไม่
6. อุปกรณ์ไฟฟ้าโดยรวมของระบบไฟฟ้า มีการเลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมหรือไม่
7. ระบบไฟฟ้าที่ท่านใช้งานอยู่ มีความปลอดภัยอย่างเหมาะสมหรือไม่
8. การออกแบบที่มีการเลือกบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใหญ่ เผื่อๆ ไว้นั้น มีความเหมาะสมหรือไม่

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารฯ ในแต่ละตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของอาคารสถานพยาบาล เพื่อใช้ในการพิจารณาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานพยาบาลและผู้ให้ข้อมูล โดยใช้หลักการทางสถิติ ในแต่ละหัวข้อของแบบฟอร์มฯ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิค โดยการเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การเพิ่มเติมข้อมูลรายการคำนวณ เพื่อแสดงให้เห็นพิกัดความสามารถของบริภัณฑ์ไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตามพิกัดปกติ และพิกัดเมื่อมีการใช้โหลดเกินชั่วขณะโดยการเปิดพัดลมระบายความร้อน

2. การวิเคราะห์ทางเทคนิคโดยใช้ใช้วิธีการประมวลผลทางหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบ

ตารางควบคู่กับการบรรยาย และสรุปผลการวิจัย ได้กำหนดเกณฑ์เป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนี้

ระดับการใช้งานที่ 10 < 100% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 91% - 100%

ระดับการใช้งานที่ 9 < 90% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 81% - 90%

ระดับการใช้งานที่ 8 < 80% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 71% - 80%

ระดับการใช้งานที่ 7 < 70% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 61% - 70%

ระดับการใช้งานที่ 6 < 60% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 51% - 60%

ระดับการใช้งานที่ 5 < 50% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 41% - 50%

ระดับการใช้งานที่ 4 < 40% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 31% - 40%

ระดับการใช้งานที่ 3 < 30% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 21% - 30%

ระดับการใช้งานที่ 2 < 20% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 11% - 20%

ระดับการใช้งานที่ 1 < 10% ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 0% - 10%

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ในส่วนขอความคิดเห็นการประเมินให้ระดับความเหมาะสมกับรายละเอียดที่ได้กรอกข้อมูลในตอนที่ 2 ซึ่งจะต้องเป็นผู้ดูแลอาคารชุดเป็นผู้จดบันทึกข้อมูลทางเทคนิค หรือผู้ดูแลอาคารฯ เพื่อทวนสอบความเข้าใจ จากการจดบันทึกข้อมูลทางเทคนิค เพื่อให้ระดับความเหมาะสม เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล กับบริภัณฑ์ไฟฟ้าทั้งระบบไฟฟ้าที่ได้ดูแล

3.8 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences: SPSS ซึ่งมีรายละเอียดในการหาค่าต่างๆ ดังนี้

1.1 การนำข้อมูลมาแยกแยะ และการเปรียบเทียบ เป็นค่าร้อยละ (Percentage) คือ สัดส่วน เมื่อเทียบต่อ 100 การคำนวณก็ทำได้ง่าย โดยเอา 100 ไปคูณสัดส่วนที่ต้องการหา ผลลัพธ์ก็จะออกมาเป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ และการจัดทำลำดับของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ามาเทียบเป็นค่าร้อยละระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของอาคาร มาเปรียบเทียบกับพิกัด

ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั้ง Ampere trip: AT และ Ampere frame: AF

1.2 ค่าเฉลี่ย (Mean หรือ $\bar{x}$) โดยจัดทำค่าเฉลี่ยซึ่งเกิดจากข้อมูลของผลรวมทั้งหมดหารด้วยจำนวนรายการของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^{n} x\, i}{N}$$

1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (Ronald Walpole, Raymond Myers และ Sharon Myers, 2012: 15) เป็นค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติ เพราะเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่าค่าพิสัย และค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย ทั้งนี้ค่าความแปรปรวน (Variance: σ2) ซึ่งค่าความแปรปรวนของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าไม่ได้นำมาใช้ เนื่องจากมีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบน โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนจะเป็นรากที่สองของค่าความแปรปรวน

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

Variance Formula $\sigma^2 = \frac{\sum(x-M)^2}{N}$

$$s^2 = \frac{\sum(x-\bar{x})^2}{n-1}$$

$$\sigma^2 = s^2$$

1.4 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรม SPSS รวมถึงการใช้ IOC ดัชนีความ

สอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

1.4.1 T - test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อคุณต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย คุณสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกับสมมติฐานหลักหรือค่าเป้าหมายโดยการใช้ 1 sample t-test คุณสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มตัวอย่างด้วย 2 sample t-test โดยมีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\overline{x_1} - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(s^2\left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)\right)}}$$

โดย p value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

$$p\ value\ = \frac{\bar{x} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$$

1.4.2 Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวนหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation) เนื่องจากในความเป็นจริงแล้ว ค่าดังกล่าวนี้ จะเล็กกว่าค่า Population Parameter เสมอ เนื่องจากโดยส่วนมากแล้ว เรามิอาจหาตัวแทนของประชากรได้ ตรง 100% เมื่อเป็นดังนี้ เมื่อเรานำไปประมาณค่า Population Parameter เราก็จะได้ค่า Population Standard Deviation ที่เล็กกว่าความเป็นจริงเสมอ เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าว เราจึงลดตัวหาร ลง หนึ่งตัว เพื่อชดเชยปรากฏการณ์ดังกล่าว ดังนั้นสมการในการหาค่า Sample Standard Deviation ตัวหารหรือ Degree of Freedom จึงเท่ากับจำนวนตัวอย่างลบด้วย 1 เสมอ แต่ถ้าหากว่าเรามิได้มีจุด ประสงค์จะนำค่า s ไปประมาณค่า (s) หรือพูดง่ายๆคือเราแค่อยากอธิบายข้อมูลของตัวอย่างที่เก็บมาเท่านั้น ไม่ได้เอาไปคาดการณ์ค่า Population Parameter เราก็ไม่จำเป็น ต้องลดตัวหารลงแต่อย่างใด

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}\right)}{\frac{(S_1^2 / N_1^2)}{N_1 - 1} + \frac{(s_2^2 / N_2^2)}{N_2 - 1}}$$

1.4.3 การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น หมายถึง ถ้ามีการสุ่มตัวอย่างด้วยวิธีเดียวกันและขนาดตัวอย่างเท่ากัน 100 ครั้ง จะมีโอกาสที่จะได้ช่วงเชื่อมั่นที่มีค่า μ ตกอยู่ (ช่วงเชื่อมั่นที่ถูกต้อง) ไม่ต่ ากว่า 95 ครั้ง ในทางกลับกันจะได้ช่วงเชื่อมั่นที่ไม่มีค่า μ ตกอยู่ (ช่วงเชื่อมั่นที่ไม่ถูกต้อง) มีโอกาสเกิดได้ 5 ครั้ง

1.4.4 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ใช้สูตรของสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) (William A. Mehrens, 1984: 276)

$$\alpha = \frac{K_1}{K_{1-1}}\left[\frac{1 - \sum S_t^2}{S_t^2}\right]$$

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ไม่เกี่ยวเนื่องกันมาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรในสถานพยาบาล ที่มีการใช้พลังงานไฟโดยรวมที่ถือว่ามีปริมาณสูงมาก ซึ่งกลุ่มตัวอย่างการทดสอบมากกว่า 30 ตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลที่ได้จากสถานพยาบาลลงในแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้เป็นกลุ่มสถานพยาบาล มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรม SPSS เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อสร้างความเชื่อถือของเครื่องมือ

1.4.5 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดย IOC ผู้วิจัยได้นำแบบฟอร์มฯ และผลการวิเคราะห์ที่ได้จากการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดฯในกรุงเทพมหานคร เพื่อนำไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่ได้รวบรวมผู้เชี่ยวชาญในส่วนภาคการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญที่จัดทำมาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคารสถานพยาบาล ผู้เชี่ยวชาญจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐที่มีความชำนาญในการออกแบบงานส่วนภาครัฐ โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งสิ้น 7 ท่าน มาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์

การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เบ้าธรรม, 2558: 114)

สูตรการคำนวณค่า $IOC = \frac{\text{ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}}$ หรือ $IOC = \frac{\sum R}{N}$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา

R คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum R$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การแปลความหมายของค่าที่ได้โดยสรุปในแต่ละข้อมูลทางสถิติที่ได้มา และใช้หลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้า อธิบายประกอบในส่วนต่างๆ เพิ่มเติม

การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้ากับการใช้พลังงานโดยรวมเทียบกับที่ออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย เรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย ที่ผ่านมาในอดีต สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการพิจารณาผลกระทบการออกแบบคำนวณการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าในสถานพยาบาล ในเรื่องความปลอดภัยและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ โดยมีที่มาของงานวิจัยการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร และงานวิจัยผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับงานวิจัยนี้มีการพิจารณาตัวแปรที่สำคัญในส่วนของการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมหรือพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล ที่ผู้วิจัยได้สอนในส่วนมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ โดยอาคารสถานพยาบาลส่วนใหญ่หรือขนาดที่มีขนาดปานกลางหรือขนาดเล็กก็ตาม จะมีหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีแรงดัน > 12kV หรือ > 1000kVA ที่เป็นงานวิศวกรรมควบคุม และอาคารสถานพยาบาลก็ถือว่าเป็นอาคารสาธารณะ ที่จะต้องมีการควบคุมตั้งแต่การออกแบบ การติดตั้ง การใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยได้ศึกษาเก็บข้อมูลโดยใช้ Google form เพื่อเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมในส่วนของอาคารสถานพยาบาลมาโดยตลอด จึงมีความต้องการอย่างยิ่งที่จะทำงานวิจัยผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาล เพื่อให้ผู้เกี่ยวข้องในภาคส่วนผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาติดตั้ง ผู้ใช้งาน และผู้ทำการบำรุงรักษา เห็นเป็นประจักษ์ว่าในส่วนการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าในสถานพยาบาลเพื่อให้เกิดความปลอดภัยและความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ผู้วิจัยขอนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Google form และการโปรแกรม SPSS โดยมีแนวทางการดำเนินการและผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติได้ดังนี้

แนวทางการดำเนินการ

1. เมื่อได้ผลการเก็บข้อมูลโดย Google form นำข้อมูลมาทำการแยกแยะ เพิ่มเติม

2. เมื่อได้ข้อมูลที่สำคัญตามที่ต้องการแล้ว นำเข้าโปรแกรม SPSS เพื่อวิเคราะห์ผลในด้านต่างๆ และตรวจสอบเครื่องมือโดยการใช้ โปรแกรม SPSS

3. แสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูล และแสดงผลการตรวจสอบเครื่องมือทางสถิติโดยโปรแกรม SPSS

ส่วนที่ 1 จำแนกข้อมูลทั่วไปของอาคารสถานพยาบาล เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรม SPSS โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ชื่ออาคาร (ไม่เปิดเผยข้อมูล)
- ที่ตั้งของอาคารสถานพยาบาล (ไม่เปิดเผยข้อมูล)
- ความสูงของอาคารสถานพยาบาล (ไม่เปิดเผยข้อมูล)
- ผู้ใช้บริการโดยเฉลี่ย (%Density)

ส่วนที่ 2 จำแนกข้อมูลทางเทคนิคของอาคารสถานพยาบาล เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรม SPSS โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

- ขนาดหม้อแปลง
- พิกัดกระแสของหม้อแปลง ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่กำหนดให้ เป็น ขนาดหม้อแปลง 2000kVA ,400V จะได้พิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าจากสมการ

$$I_{rated} = \frac{kVA}{1.732 \times V} \quad \text{(x)}$$

โดย Irated = พิกัดกระแสของหม้อแปลง

kVA = ขนาดหม้อแปลง

V = แรงดัน

Irated = kVA / (1.732x400)

= 2000 / (1.732x400x1000)

= 2,886 A

- อาคารฯ ใช้กระแสจริงโดยรวม
- อัตราส่วน กระแสใช้จริง / พิกัดกระแสของหม้อแปลง
- การเลือกใช้ AT และ AF ของเซอร์กิตเบรกเกอร์
- Step ที่ ทำงาน และ Step ทั้งหมดของ Capacitor Bank

ส่วนที่ 3 การจำแนกข้อมูลที่ได้จากการขอความคิดเห็นให้ระดับความเหมาะสม ของผู้ดูแลอาคารที่ได้ให้ข้อมูลทางเทคนิค ทั่วไปของอาคารสถานพยาบาล เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรม SPSS โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

การวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ย Mean หรือ $\bar{X}$, ค่าส่วนเบี่ยงเบน S.D ของแบบฟอร์มฯ ของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากกว่า 388.52 ตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 434 ตัวอย่างเพื่อแทนกลุ่มประชากรทั้งหมดของสถานพยาบาล

4.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารสถานพยาบาลที่อยู่ในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องดังนี้

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Google Form และการใช้โปรแกรม SPSS โดยมีค่า Mean และ S.D ซึ่งจะสามารถประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารสถานพยาบาลในส่วนของเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของผู้ใช้บริการสถานพยาบาล ซึ่งมีเพียงรายการเดียว ผู้วิจัยจึงขอวิเคราะห์ร่วมกับตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิคของแบบฟอร์มฯ โดยการใช้โปรแกรม SPSS ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ใส่ข้อมูลการวิเคราะห์ของตอนที่ 1 และตอนที่ 2 ประกอบด้วย

ตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย SPSS

Item	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
%Density	434	2.74	0.91	0.04
Tr.Size	434	1,619.91	555.91	26.68
Irated	434	2,338.19	802.59	38.53
Iused	434	402.35	140.02	6.7
MainCB.AT	434	3,083.73	1,014.27	48.69
MainCB.AF	434	3,112.10	1,014.49	48.69
Cap.Used	434	0.45	0.60	0.03
Tot.Cap	434	10.33	2.45	0.12

จากตาราง 19 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบฟอร์มฯ โดยโปรแกรม SPSS ได้กำหนดตัวแปร เพื่อให้ในการดำเนินการของโปรแกรม SPSS โดยการกำหนดตัวแปรต่างๆ ดังนี้

1. อัตราเปอร์เซ็นต์ผู้เข้าใช้บริการในอาคารสถานพยาบาล โดยแบ่งเป็นช่วงๆ ดังนี้

1.2 น้อยกว่า 40%

1.3 ระหว่าง 41% - 60%

1.3 ระหว่าง 61% - 80%

1.4 ระหว่าง 80% - 100%

โดยผลการวิเคราะห์ของโปรแกรม SPSS ได้ตัวแทนกลุ่มตัวอย่างประชากรสถานพยาบาลจำนวน 434 อาคารสถานพยาบาล มีค่าเฉลี่ย = 2.74 ค่า Std. Deviation = 9.11 และค่า Std. Error Mean = 0.04

2. พิกัดกระแสของหม้อแปลง โดยมี Mean=2,338.19 A. ค่า Std. Deviation = 802.59 และค่า Std. Error Mean = 38.53

3. อาคารสถานพยาบาล มีการใช้ขนาดหม้อแปลง โดยมี Mean = 1,619.91 kVA ค่า Std. Deviation = 555.905 และค่า Std. Error Mean = 26.68

4. การใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมหรือการใช้พลังงานโดยรวม โดยมี Mean = 402.35 A. ค่า Std. Deviation = 140.02 และค่า Std. Error Mean = 6.72

5. Main C.B AT โดยมี Mean = 3,083.73 A. ค่า Std. Deviation = 1,014.23 และค่า Std. Error Mean = 48.69

6. Main C.B AF โดยมี Mean = 3,112.10 A. ค่า Std. Deviation = 1014.45 และค่า Std. Error Mean = 48.69

7. Capacitor Used: Cap. Used หรือ Capacitor ที่ใช้งาน โดยมี Mean = 0.45 step ค่า Std. Deviation = 0.60 และค่า Std. Error Mean = 0.03

8. Total Capacitor หรือ Capacitor ที่มีการติดตั้งทั้งหมด โดยมี Mean = 10.33 step ค่า Std. Deviation = 2.45 และค่า Std. Error Mean = 0.12

ตอนที่ 2 ขอความคิดเห็น เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาลในประเทศไทย โดยมีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังตาราง 20

ตาราง 20 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สำหรับตอนที่ 2

One-Sample Statistics				
	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
การใช้กระแสไฟฟ้า เหมาะสมกับ Main CB AF?	434	1.00	.000[a]	.000
การใช้กระแสไฟฟ้า เหมาะสมกับ Main CB AT?	434	1.00	.000[a]	.000
การใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมกับขนาดของหม้อแปลงเหมาะสม?	434	1.00	.000[a]	.000
Used Step กับ Tot.Cap Step?	434	1.00	.000[a]	.000
ออกแบบหม้อแปลงและ CB มีขนาดใหญ่ ไว้มากๆ เหมาะสม?	434	.86	.516	.025
บริภัณฑ์ไฟฟ้ามีความใหญ่ เกินขนาดการใช้งานมากๆ เหมาะสม?	434	.86	.516	.025

1. ท่านคิดว่าการใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน มีความเหมาะสมกับขนาด AF ของ Main C.B ระดับใด Mean = 1.00 S.D = 0.00 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม

2. ท่านคิดว่าการปรับตั้งค่า AT ที่ Main C.B มีความเหมาะสมกับการใช้กระแสไฟฟ้า ระดับใด Mean = 1.00 S.D = 0.00 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม

3. ท่านคิดว่าการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมกับขนาดของหม้อแปลงมีความเหมาะสมระดับใด Mean = 1.00 S.D = 0.00 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม

4. ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมของ Step ที่ใช้งานกับจำนวน Step ทั้งหมดของ Capacitor Bank ระดับใด Mean = 1.00 S.D = 0.00 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม

5. ท่านคิดว่าการออกแบบให้หม้อแปลงไฟฟ้าและ C.B มีขนาดใหญ่ เผื่อไว้มาก มากกว่าค่าการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่เกิดขึ้นจริง จะมีความเหมาะสมกับระบบไฟฟ้า ระดับใด Mean = 0.86 S.D = 0.516 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม

6. ท่านคิดว่าการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีความใหญ่ เกินขนาดการใช้งานมากๆ จะความเหมาะสมกับระบบไฟฟ้าระดับใด Mean = 0.86 S.D = 0.516 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่ไม่แน่ใจ

4.2 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรม SPSS รวมถึงการใช้ IOC ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

1. T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยการใช้ P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

2. Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวนหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

3. การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 21 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

	Test Value = 0						
	t	df	Significance		Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
			One-Sided p	Two-Sided p		Lower	Upper
Density	62.63	433	<.001	<.001	2.740	2.65	2.83
Tr.Size	60.71	433	<.001	<.001	1619.915	1567.47	1672.36
Irated	60.69	433	<.001	<.001	2338.192	2262.47	2413.91
Iused	59.86	433	<.001	<.001	402.355	389.14	415.56
Main CB.AT	63.34	433	<.001	<.001	3083.726	2988.03	3179.42
Main CB.AF	63.91	433	<.001	<.001	3112.104	3016.39	3207.82
Cap.Used	15.63	433	<.001	<.001	.452	.40	.51
Tot.Cap	87.94	433	<.001	<.001	10.326	10.09	10.56

4. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบฟอร์มฯ การประเมินพลังงานโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล ใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) (William A. Mehrens, 1984: 276)

ตาราง ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 และแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 รวม 8 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารสถานพยาบาล ความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.847 ถือว่า มีความเชื่อมั่นอยู่ในเกณฑ์ที่สูง

ตาราง 22 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 และตอนที่ 2 รวม 8 คำถาม

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.847	.904	8

ตาราง ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3 รวม 8 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลการประเมินระดับความเหมาะสมของตอนที่ 2 ในส่วนทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารสถานพยาบาล ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 1.00 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูงเต็ม 100%

ตาราง 23 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3

Reliability Statistics		
Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
1.000	1.000	2

5. การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติจากงานวิจัยที่เคยดำเนินการและได้ผลการวิเคราะห์มาแล้วดังนี้

5.1 การวิจัยเรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 24 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย SPSS

Item	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tr. Size	485	2,034.56	707.89	32.18
Irated	484	145.65	108.39	4.98
Main CB AT	484	2,548.45	1,068.97	48.54
Main CB AF	484	2,667.96	1061.69	49.12
Cap. Used	484	0.13	0.37	0.02
Tot. Cap.	484	10.45	2.42	0.11

สำหรับสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในส่วนของกลุ่มตัวอย่างประชากรก่อนหน้านี้ของอาคารชุดที่พักอาศัยในช่วงวิกฤติโควิด โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

1. T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยการใช้ P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

2. Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวนหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

3. การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

Item of Question	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
1. ITr.Rated	62.23	483	0.00	2,034.6	1,971.3	2,097.8
2. Iused	29.53	482	0.00	145.6	136.0	155.3
3. Main C.B. AF	52.50	484	0.00	2,548.5	2,453.1	2,643.8
4. Main C.B. AT	54.32	484	0.00	2,668.0	2,571.5	2,764.5
5 .Cap.Use	7.90	481	0.00	0.1	0.1	0.2
6. Total Cap	94.12	474	0.00	10.4	10.2	10.7

4. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบฟอร์มฯ การประเมินพลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร ใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) (William A. Mehrens, 1984: 276)

สำหรับแบบฟอร์มฯ สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 รวม 13 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลทางเทคนิคที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารชุดฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.832 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตาราง 26 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.832	.773	13

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3 รวม 10 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลการประเมิณระดับความเหมาะสมของตอนที่ 2 ในส่วนทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารชุดฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.772 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3 สอบถามความเหมาะสมของแบบฟอร์มทางเทคนิคในตอนที่ 2 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.772 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตาราง 27 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.772	.853	10

สำหรับภาพรวมทุกแบบฟอร์มฯ รวม 29 ข้อคำถาม ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.795 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตาราง 28 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ทั้งหมด

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
.795	.745	29

5.2 การวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างประชากรในส่วนของสถานพยาบาลจำนวน 50 กลุ่มตัวอย่างประชากรหม้อแปลงร่วมด้วย ที่เป็นส่วนหนึ่งของการวิจัยฯ โดยมีการสำรวจกลุ่มตัวอย่างสถานพยาบาลตั้งแต่ในช่วงสถานการณ์โควิด 19 ในปี พ.ศ 2562 – 2563 ซึ่งเป็นช่วงที่มีผู้ป่วยเข้าใช้บริการทางสถานพยาบาลกันมากกว่าเป็นพิเศษอย่างยิ่ง โดยในแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 เป็นเรื่องทั่วไปของสถานพยาบาล และแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 เป็นข้อมูลทางเทคนิคที่ต้องการ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้เป็นกลุ่มสถานพยาบาล มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรม SPSS เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อสร้างความเชื่อถือของเครื่องมือ โดยการนำแบบฟอร์มฯ ไปทำการเก็บข้อมูลทางเทคนิคไปทดลองใช้ (Try-Out) กับอาคารสถานพยาบาล เป็นกลุ่มสถานพยาบาลที่มีการใช้ข้อมูลในช่วงระหว่าง 10.00-11.00น. หรือ 14.00 – 16.00 ซึ่งน่าจะเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานโดยรวมสูงสุดของช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยกลุ่มสถานพยาบาลดังกล่าว เป็นกลุ่มสถานพยาบาลภาครัฐ ที่ให้บริการประชาชนที่มีจำนวนอย่างมาก จำนวนหม้อแปลง 50 ตัว มากกว่า 20 อาคาร และจะจัดหาข้อมูลการสำรวจจำนวนของหม้อแปลงที่ 50 ตัวอย่าง แบบที่ผู้

ประเมินได้ลงพื้นที่เก็บตัวอย่างข้อมูลเองทั้งหมด โดยสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ รวมถึงการวิเคราะห์การหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สถิติ T-Test เพื่อเปรียบเทียบทางเทคนิคเฉพาะบางข้อ เนื่องจากมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน โดยนำข้อมูลทางเทคนิคที่ใช้มาประมวลผ่านโปรแกรม SPSS จะได้ Descriptive Statistics ดังนี้

ตาราง 29 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดย SPSS

Item of Question	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Tr. Size	50	1683.00	09.66	72.08
2. Irated	50	2429.20	735.92	104.07
3. ITr.Fan	50	3401.04	1,030.44	145.73
4. Iuse	50	415.44	426.60	60.33
5. Level Iuse / Irated	50	16.734	14.87	2.10
6. Iuse / Irated	50	2.20	1.43	0.20
7. Main C.B. AF	50	3103.00	1,051.74	148.74
8. Main C.B. AT	50	2987.00	1,073.05	151.75
9. Tie C.B. AF	18	3472.22	900.20	212.18
10.TieC.B. AT	18	3444.44	856.96	201.99
11.Cap.Use	50	.38	1.60	0.23
12.Total Cap	50	9.36	3.51	0.50

รายการการวิเคราะห์ทางสถิติที่ได้จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอาคารในสถานพยาบาล โดยมีหม้อแปลงรวม 50 ตัว มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติดังนี้

1. ขนาดหม้อแปลง โดยเฉลี่ย 1,683kVA Mean = 1,683 kVA S.D = 509.66

2. Irated พิกัดกระแสของหม้อแปลง โดยเฉลี่ย 2,429.2 A Mean = 2,429.2 A. S.D = 735.9

3. ITr.Fan กระแสไฟที่สามารถจ่ายโหลดเกินได้ กรณีใช้พัดลมช่วยระบายความร้อน จะได้กระแสไฟที่สามารถจ่ายไฟเกินชั่วขณะ โดยเฉลี่ย 3,400 A Mean = 3,400 A. S.D = 1,030

4. Iuse กระแสไฟที่ใช้งานจริงของทั้งอาคาร โดยเฉลี่ย 415A Mean = 415A. S.D = 426.6 กระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริงทั้งอาคารโดยเฉลี่ย 415A. หรือ 16.7% ของพิกัดกระแสของหม้อแปลง

5. %Iuse/ITrRated โดยเฉลี่ย 16.7 % Mean = 16.7 % S.D = 14.87 ปริมาณกระแสใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละโดยเฉลี่ย 16.7% ของพิกัดกระแสของหม้อแปลง

6. Level %Iuse/ITrrated โดยเฉลี่ย 2.2% Mean = 2.2 S.D = 1.43

7. ระดับการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริงของอาคารสถานพยาบาลที่ 1.43 หรือ อยู่ในระดับ 2 คือ 11 -20% ของพิกัดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงสามารถจ่ายกระแสไฟให้ได้โดยปกติ

8. CB AF โดยเฉลี่ย 3,103AF Mean = 3,103AF. S.D = 1,051.7 พิกัดโครงสร้าง Ampere Flame: AF ของ C.B ที่เลือกใช้งานโดยเฉลี่ย 3,103AF

9. CB AT โดยเฉลี่ย 2,987A Mean = 2,987A. S.D = 1,073 พิกัดกระแสการป้องกันกระแสเกิน Ampere Trip: AT ของ C.B ที่เลือกใช้งานโดยเฉลี่ย 2,987AT

10. Tie CB AF โดยเฉลี่ย 3,472A Mean = 3,472A. S.D = 900 พิกัดโครงสร้าง Ampere Flame: AF ของ Tie C.B ที่เลือกใช้งานโดยเฉลี่ย 3,1472AF

11. Tie CB AT โดยเฉลี่ย 3,444A Mean = 3,444A. S.D = 857 พิกัดกระแสการป้องกันกระแสเกิน Ampere Trip: AT ของ C.B ที่เลือกใช้งานโดยเฉลี่ย 3,444AT

12. Capacitor ที่ใช้งาน โดยเฉลี่ย 0.38 Step Mean = 0.38 Step S.D = 1.6

13. การใช้งาน Capacitor ที่นำมาชดเชยการใช้กำลังไฟฟ้า เพื่อปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้ระบบไฟฟ้า โดยเฉลี่ย 0.38 ใช้งานเพียงไม่ถึง Step

14. Total Capacitor Bank โดยเฉลี่ย 9.36 Step Mean = 9.36 Step S.D = 3.5

สำหรับสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในส่วนของกลุ่มตัวอย่างประชากรก่อนหน้านี้ของสถานพยาบาลในช่วงวิกฤติโควิด ที่ไม่เกี่ยวเนื่องกันมาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรในสถานพยาบาลโดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

1. T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยการใช้ P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

2. Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวนหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

3. การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

ตาราง 30 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

Item of Question	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
1. Tr. Size	3.35	49	0.00	1,683.00	1,538.16	1,827.84
2. Irated	23.34	49	0.00	2,429.20	2,220.05	2,638.35
3. ITr.Fan	23.34	49	0.00	3,401.04	3,108.19	3,693.89
4. Iused	6.89	49	0.00	415.44	294.20	536.68
5. Level Iused / Irated	7.96	49	0.00	16.73	12.51	20.96
6. Iuse / Irated	10.89	49	0.00	2.20	1.79	2.61
7. Main C.B. AF	20.86	49	0.00	3,103.00	2,804.10	3,401.90
8. Main C.B. AT	19.68	49	0.00	2,987.00	2,682.04	3,291.96
9. TieC.B. AF	16.36	17	0.00	3,472.22	3,024.56	3,919.88
10.TieC.B. AT	17.05	17	0.00	3,444.44	3,018.29	3,870.60
11.Cap.Use	1.68	49	0.10	0.38	- 0.08	0.84
12.Total Cap	18.86	49	0.00	9.36	8.36	10.36

จากตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ T Test และ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% สำหรับผลการสำรวจการใช้พลังงานโดยรวมของสถานพยาบาล ในกรุงเทพมหานคร

ผลการทดสอบ T Test ของการใช้พลังงานโดยรวมของสถานพยาบาลและของอาคารสถานพยาบาล เกือบ 100% เป็นไปในทางเดียวกัน เพราะได้ค่า Sig 2 tailed หรือ P Value ที่น้อยกว่า 0.05 โดยมีเพียง 1 ค่าเท่านั้น ที่เกิดขึ้นสำหรับสถานพยาบาลในส่วนของจำนวน Step การใช้ Capacitor bank ที่มีค่า P Value = 0.1 คือมากกว่า 0.05 ที่แปลผลได้ว่าไม่มีความสำคัญกับปัจจัยอื่นๆ หรือข้ออื่นๆ

4. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบฟอร์มฯ การประเมินพลังงานโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล ใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) (William A. Mehrens, 1984: 276) สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 รวม 13 ข้อคำถามเป็นข้อมูลทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารสถานพยาบาล ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.915 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูงมากๆ

ตาราง 31 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบฟอร์มฯ

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0.915	0.909	13

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยการนำแบบฟอร์มฯ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการใช้โปรแกรม SPSS สำหรับตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2 ไปสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากผลการวิเคราะห์ของตอนที่ 1 และ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาลในกรุงเทพมหานคร โดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ที่มีคุณสมบัติ มีดังนี้

ท่านที่ 1 อาจารย์กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ (อุปนายกฯ และกรรมการสภาวิศวกร สภาวิศวกร: วุฒิวิศวกรไฟฟ้า) ประสบการณ์การทำงาน การสอน การบรรยาย มากกว่า 40 ปี

- พ.ศ. 2528 จบปริญญาตรี วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
- พ.ศ. 2542 จบปริญญาโท บริหารธุรกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนาบริหารศาสตร์ NIDA
- พ.ศ. 2528 - 2562 อดีตผู้อำนวยการเขตสมุทรปราการ การไฟฟ้านครหลวง
- พ.ศ. 2557 – 2559 ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- พ.ศ. 2562 – 2564 กรรมการสภาวิศวกร สภาวิศวกร สมัยที่ 7

ท่านที่ 2 คุณณพล วิทยวรการ (วุฒิวิศวกรไฟฟ้า) ประสบการณ์การทำงาน มากกว่า 40 ปี ปัจจุบันตำแหน่งกรรมการผู้จัดการบริษัทฯ (วิศวกรไฟฟ้าและวิศวกรสื่อสาร) จบปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ากำลัง ปี 2528

ประวัติการทำงาน

- ปี 2540 - ปัจจุบัน กรรมการผู้จัดการ บริษัทพาส แอด จำกัด (วิศวกรไฟฟ้าและวิศวกรสื่อสาร)
- 2528 - 2539 วิศวกรไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง

กิจกรรมวิชาชีพ

- 2557 - 2565 ผู้ชำนาญการพิเศษเพื่อทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพระดับสามัญและวุฒิวิศวกร
- 2557 - 2565 กรรมการสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย
- ที่ปรึกษาสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

ประสบการณ์และผลงาน

- ออกแบบระบบประกอบอาคารของสถานพยาบาลมามากกว่า 10 อาคารสถานพยาบาล

ท่านที่ 3 คุณสมชาย รุ่งนพรัตน์ ประสบการณ์ทำงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้า มากกว่า 40 ปี จบปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้า ปี 2539

ประวัติการทำงาน

- 22 มกราคม 2533 นายช่างไฟฟ้า ฝ่ายวิศวกรรมบริการโรงพยาบาลรามาธิบดีที่
- 12 มกราคม 2535 ช่างไฟฟ้า 3
- 1 ตุลาคม 2537 นายช่างไฟฟ้า 4
- 27 พฤศจิกายน 2547 วิศวกรไฟฟ้า 5

ประสบการณ์พิเศษในการทำงาน

- ช่างไฟฟ้าหน่วยเครื่องปรับอากาศปี 2533 ถึง 2555
- ช่างไฟฟ้าหน่วยสุขาภิบาลปี 2535 ถึง 2539
- หัวหน้าช่างไฟฟ้าโดยสุขาภิบาล 2539 – 2540
- หัวหน้าช่างบริการหน่วยอุตสาหกรรมปี 2540 ถึง 2543
- หัวหน้าช่างบริการหน่วยเครื่องกลปี 2543-2545
- หน่วยช่างไฟฟ้าบริการงานวิศวกรรมเครื่องกลปี 2545 จนถึงปัจจุบัน

หน้าที่พิเศษ

- กรรมการดำเนินการกิจกรรม 5 ส
- กรรมการดำเนินงานพัฒนาคุณภาพสู่มาตรฐาน ISO 9002
- กรรมการอนุรักษ์พลังงาน

- กรรมการตรวจการจ้างตู้อบตู้นึ่งของฝ่าย โภชนาการ
- กรรมการจัดซื้อจ้างของภาควิชาฝ่ายงาน
- กรรมการตรวจการจ้างการบำรุงรักษาของฝ่ายโภชนาการ
- กรรมการสอบราคาซื้ออุปกรณ์
- กรรมการเปิดซองเครื่องดูดอากาศของฝ่ายโภชนาการ
- กรรมการเปิดจองกรณีพิเศษ
- กรรมการตรวจรับพัสดุเข้าทางพัสดุภาค
- กรรมตรวจรับพัสดุระบบผลิตสุญญากาศทางการแพทย์
- คณะกรรมการตรวจรับพัสดุระบบรีไซเคิล
- คณะกรรมการตรวจรับพัสดุช่างหม้อต้มสตรีมพร้อมอุปกรณ์ประกอบ
- คณะกรรมการต่างๆตามที่หัวหน้าฝ่ายวิศวกรรมบริการมอบหมายคณะกรรมการต่างๆตามที่คณะมอบหมาย

ตาราง 32 ตารางดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 และท่านที่ 2

	1. คุณกิตติพงศ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ			2. คุณณพล วรวิทยาการ		
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)
1.การใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน เหมาะสมกับ Main CB AF?			-1			-1
2.การใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน เหมาะสมกับ Main CB AT?			-1			-1
3.การใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมเหมาะสมกับขนาดของหม้อแปลง?			-1			-1

ตาราง 33 ตารางดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 1 และท่านที่ 2 (ต่อ)

	1. คุณกิตติพงศ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ			2. คุณณพล วรวิทยาการ		
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)
4. Used capacitor bank step กับ Tot.Cap Step เหมาะสม?			-1			-1
5.ออกแบบหม้อแปลงและ CB มีขนาดใหญ่มากกว่าการใช้พลังงานจริง เหมาะสม?			-1			-1
6. การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีความใหญ่ เกินขนาดการใช้งานมากๆ เหมาะสม?			-1			-1

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ตาราง 34 ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) ของผู้เชี่ยวชาญท่านที่ 3

	3. คุณสมชาย รุ่งนพรัตน์		
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)
1.การใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน เหมาะสมกับ Main CB AF?			-1
2.การใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน เหมาะสมกับ Main CB AT?			-1
3.การใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมเหมาะสมกับขนาดของหม้อแปลง?			-1
4. Used capacitor bank step กับ Tot.Cap Step เหมาะสม?			-1
5.ออกแบบหม้อแปลงและ CB มีขนาดใหญ่มากกว่าการใช้พลังงานจริง เหมาะสม?			-1
6. การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีความใหญ่ เกินขนาดการใช้งานมากๆ เหมาะสม?			-1

พหุน ปณ ฑิโต ชีเว

ตาราง 35 สรุปคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน โดย IOC

คำถาม	คะแนนความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			IOC
	1	2	3	
1.การใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน เหมาะกับ AF ของ Main C.B?	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)
2.การใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน เหมาะกับ AT ของ Main C.B?	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)
3.การใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมเหมาะกับขนาดของหม้อแปลง?	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)
4.Step ที่ใช้งาน/Total Step Capacitor Bank เหมาะสม?	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)
5.การออกแบบ Tr และ C.B มีขนาดใหญ่มากกว่าค่าการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่เกิดขึ้นจริง เหมาะกับระบบไฟฟ้า?	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)
6. การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีความใหญ่ เกินการใช้งานมากๆ เหมาะกับระบบไฟฟ้า?	(-1)	(-1)	(-1)	(-1)

ผลการสัมภาษณ์ ทางผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 ท่าน ได้ให้ข้อคิดเห็นในส่วนการให้ระดับความเหมาะสมของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล ในทิศทางเดียวกัน 100% ว่าการเลือกใช้และการปรับตั้งค่าของอุปกรณ์ป้องกันหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าไม่เหมาะสมกับการใช้พลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นจริง จากตารางการหาค่าความเที่ยงตรงของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านผู้เชี่ยวชาญ ค่า IOC : Index of item objective congruence ได้ผลรวม -1 ทั้ง 6 ข้อ และทั้ง 3 ผู้เชี่ยวชาญ โดยผู้เชี่ยวชาญยังมีข้อเสนอแนะ จากผลการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า การใช้งาน และการวิเคราะห์โดยการใช้โปรแกรมฯ ว่าการออกแบบและใช้งานบริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลมีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริงอย่างมาก

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัย เรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย จากผลการวิจัยสามารถสรุป อภิปราย และมีข้อเสนอแนะในประเด็นสำคัญๆ ต่างๆ ดังนี้

1. สรุปผลตามความมุ่งหมายของการวิจัย
2. อภิปรายผล
3. ข้อเสนอแนะ

5.1 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล
2. เพื่อศึกษาหาแนวทางการเพิ่มเติมความปลอดภัยในการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคาร
3. เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
4. เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มเสริมความเป็นกลางทางคาร์บอน

สรุปผลตามความมุ่งหมายของการวิจัยในแต่ละประเด็นดังนี้

การวิจัย เรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย สามารถสรุปผลการวิจัย ได้ตามความมุ่งหมายในแต่ละข้อดังนี้

1. เพื่อเก็บข้อมูล วิเคราะห์ และประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล

ผู้วิจัยได้ทำการสร้าง ส่งและเก็บแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูลผ่าน Google Form เพื่อการวิจัย ที่สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ตามที่ตั้งไว้ โดยการประสานงานกับช่องทางของผู้ออกแบบ ผู้บริหาร ผู้ดูแล และผู้เกี่ยวข้องของอาคารสถานพยาบาล เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า กับการใช้งานพลังงานไฟฟ้า โดยสามารถวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มาจากแบบฟอร์มฯ หม้อแปลงจำนวน 434 ตัวอย่าง โดยโปรแกรมสถิติ SPSS สามารถวิเคราะห์ได้ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานดังนี้

ตาราง ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนของกลุ่มตัวอย่างอาคารสถานพยาบาล ตอนที่ 1 และ ตอนที่ 2

Item	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
%Density	434	2.74	0.91	0.04
Tr.Size	434	1,619.91	555.91	26.68
Irated	434	2,338.19	802.59	38.53
Iused	434	402.35	140.02	6.7
MainCB.AT	434	3,083.73	1,014.27	48.69
MainCB.AF	434	3,112.10	1,014.49	48.69
Cap.Used	434	0.45	0.60	0.03
Tot.Cap	434	10.33	2.45	0.12

1. อัตราเปอร์เซ็นต์ผู้เข้าใช้บริการในอาคารสถานพยาบาล มีค่าเฉลี่ย = 2.74 จึงสรุปว่ามีอัตราความหนาแน่นของผู้เข้าใช้บริการอยู่ในระดับใกล้ = 61 – 80-%
2. ขนาดหม้อแปลงโดยเฉลี่ย = 1,619.91 kVA
3. หม้อแปลงสามารถจ่ายกระแสโดยเฉลี่ย = 2,338.19 A.
4. การใช้พลังงานไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ย = 402 A.
5. การตั้งค่ากระแส AT ของ Main CB. โดยเฉลี่ย = 3,083.73 A.
6. Main CB AF โดยเฉลี่ย = 3,112.10 A.
7. จำนวน step ของ capacitor bank ที่ใช้งานจริงโดยเฉลี่ย = 0.45 step
8. จำนวน step ทั้งหมดของ capacitor bank ที่ติดตั้งโดยเฉลี่ย = 10.33 step

จากตารางการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม SPSS อัตราความหนาแน่นของผู้ใช้บริการเกือบอยู่ในระดับ 61 - 80% ที่ขนาดหม้อแปลง 1,619.91 kVA ที่กระแสของหม้อแปลง 2,338.19 A. มีการใช้กระแสไฟฟ้า 402 A. หรือ 402 / 2,338.19 = 17.2% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงโดยเฉลี่ย ที่ Main CB มีขนาด AT / AF = 3,083.73AT / 3,112.10AF และจำนวน step ที่ใช้งานกับที่มี = 0.45 / 10.33 step

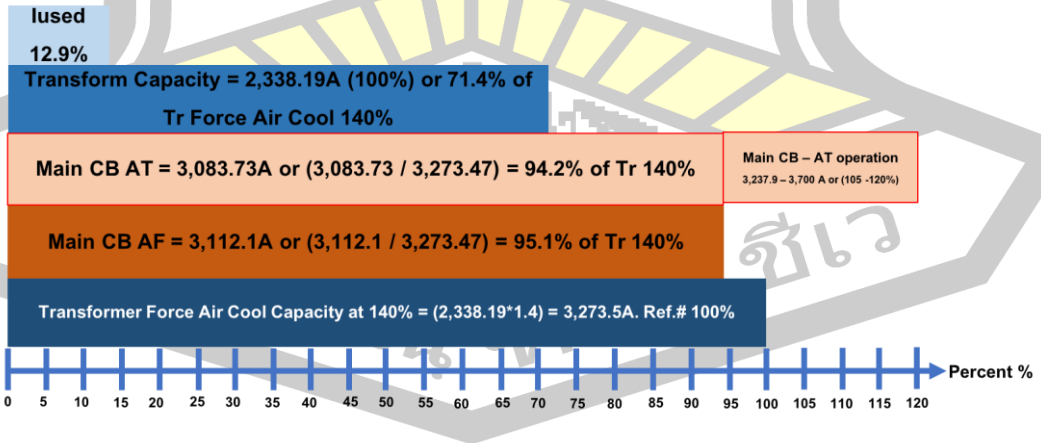
สรุปผลได้ว่า อัตราความหนาแน่นของผู้ใช้บริการที่ระดับ 61 – 80% มีการใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 402 A. จากการตั้งค่า AT ของ Main CB ที่ 3,083.73 A. หรือ 13.04% ของ 3,083.73 A (AF ที่ 3,112.10)

จากการวิเคราะห์ข้างต้น การใช้กระแสไฟฟ้าจริงที่ 402 A ที่ 60% หากต้องการที่ 100% จะได้การใช้กระแสที่ 402 x 1.667 = 670.13 A. หรือ ได้ 670.13 / 3,083.73 = 21.73% ของ 3,083.73AT ดังนั้น Main CB ที่ตั้งค่า AT โดยเฉลี่ยที่ 3,083.73AT เห็นได้ชัดเจนว่า CB ไม่สามารถทำงานในหน้าที่ AT ได้ และในทำนองเดียวกัน CB ย่อย ก็อาจไม่สามารถทำงานหรือตัดวงจรในหน้าที่ของ AT ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

และอีกหนึ่งเรื่องคือจำนวน step ของ capacitor bank ที่ใช้งานจริงโดยเฉลี่ยเพียง 0.45 step จากที่มีการเลือกใช้ติดตั้งที่จำนวน step ทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่ 10.33 step ซึ่งการออกแบบและคำนวณในส่วนของ capacitor bank น่าจะไม่เหมาะสมกับการใช้งานจริงจากปัจจัยของของหม้อแปลงที่ใหญ่เกินไป และกระแสที่ใช้งานจริงมีปริมาณน้อยเพียง 13.04%

2. เพื่อศึกษาหาแนวทางการเพิ่มเติมความปลอดภัยในการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคาร

จากการวิเคราะห์ผลโดยโปรแกรม SPSS และการสรุปผลของความมุ่งหมายข้อที่ 1 เห็นได้ชัดเจนว่าการออกแบบและคำนวณมีขนาดที่ใหญ่เกินกว่าการใช้งาน และที่สำคัญต้องมีการปรับตั้งค่ากระแส AT ให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง รวมถึงการเลือกใช้ขนาดของหม้อแปลงกับขนาดของ capacitor bank ที่ไม่เหมาะสม มีขนาดของการออกแบบและคำนวณขนาด capacitor bank ที่ใหญ่เกินกว่าที่ต้องการใช้อย่างมาก ดังนั้นต้องมีการปรับตั้งค่ากระแส หรือ Ampere trip ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตั้งแต่ส่วนของวงจรย่อยถึงเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ รวมถึงหม้อแปลงไฟฟ้าและแผงสวิตช์แรงดันปานกลางร่วมด้วย ให้เป็น coordination system เพื่อความปลอดภัยและการทำงานที่สัมพันธ์กันของการใช้พลังงานไฟฟ้ากับบริภัณฑ์ไฟฟ้า อย่างมีประสิทธิผลในระบบไฟฟ้า



ภาพประกอบ 29 การออกแบบและการคำนวณการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์

จากภาพข้างต้น ขนาดหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ 1,619.91 kVA ขนาดพิกัดกระแสโดยเฉลี่ยที่ 2,338.19 A โดยคำนวณกระแสกรณีที่เป็นหม้อแปลงแบบแห้ง Forced air cool ที่สามารถเพิ่มกระแสได้ 140% = 3,273.47A โดยให้เทียบเป็น 100% ของการเปรียบเทียบกับส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1 กำหนดให้รายการคำนวณพิกัดความสามารถของหม้อแปลงแบบแห้งที่ 140% เทียบเป็น 100%

2.2 เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ AF โดยเฉลี่ยที่ 3,112.1 A เทียบเป็น 95.1% ของพิกัดหม้อแปลงแห้ง

2.3 เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ AT โดยเฉลี่ยที่ 3,083.73 A เทียบเป็น 94.2% ของพิกัดหม้อแปลงแห้ง

2.4 พิกัดความสามารถของหม้อแปลงแห้งโดยเฉลี่ยที่ 2,338.19 A ที่พิกัด 100% ของหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ 1,691.19 kVA เทียบเป็น 71.4% ของพิกัดหม้อแปลงแห้ง

2.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่เมนโดยเฉลี่ยที่ 402 A เทียบเป็น 12.3% ของพิกัดหม้อแปลงแห้ง

ดังนั้นทุกท่านที่เป็นวิศวกรไฟฟ้าหรือผู้ที่มีความรู้จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าเป็นอันตรายอย่างยิ่งกับระบบไฟฟ้า เพราะมีการใช้กระแสไฟฟ้าที่เมนโดยเฉลี่ยเพียง 402 A โดย Ampere trip เซอร์กิตเบรกเกอร์เมนตั้งไว้อย่างสูงมากโดยเฉลี่ยที่ 3,112.1 A หรือมีการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมเฉลี่ยที่ 402 / 3,112.1 = 12.9% ของ Main CB AT เท่านั้น ซึ่งแน่นอนว่าเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มี Main CB AT ไม่สามารถทำงานในหน้าที่ของการป้องกันกระแสเกินได้ โดยพิกัดเริ่มทำงานตามหน้าที่ของการป้องกันกระแสเกินของเซอร์กิตเบรกเกอร์เมนที่ 105 – 120% หรือ 3,237.92 – 3,700.48A ดังภาพอธิบายข้างต้น

ทางผู้วิจัยเห็นเป็นสำคัญอย่างยิ่งว่าสำหรับงานระบบไฟฟ้าที่มีอยู่ในปัจจุบันต้องแก้ไขปัญหาข้างต้นด้วยการปรับตั้งค่าความสัมพันธ์ (coordination setting) ตั้งแต่โหลดหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ย่อย-เมน สายไฟฟ้า และบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องอย่างเหมาะสมให้เกิดความปลอดภัยทั้งหน้าที่ LSIG หรือ Long time delay, Short time delay, Instantaneous และ Ground fault ทั้งแบบ total discrimination หรือ partial discrimination เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัย

3. เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

จากผลสรุปในข้อ 1 และ 2 ที่มีผลสรุปว่าการออกแบบและคำนวณขนาดของหม้อแปลง ขนาดของเมนเซอร์กิตเบรก และขนาดของ capacitor bank ที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริง ผู้วิจัยขอลองคำนวณเลือกขนาดหม้อแปลงที่น่าจะใช้งานทดแทนขนาดหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ได้จากการเก็บข้อมูล โดยมีกระบวนการดังนี้

3.1. การจำลองการลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า จากการใช้กระแสที่พิกัดกระแส 402 A. ที่ 60% หากต้องการใช้ที่ 100% จะได้ค่ากระแสที่ 670.13 A. โดยการออกแบบระบบไฟฟ้าเพื่อใช้งานจะมีการออกแบบให้มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวและทำการ tie กันระหว่างหม้อแปลง เพื่อสำรองการใช้ไฟฟ้าในกรณีฉุกเฉินหรือกรณีการซ่อมบำรุงหม้อแปลงเป็นต้น ดังนั้นต้องพิจารณาให้มีการใช้กระแสที่ 670.13 x 2 = 1,340.26 A. ซึ่งการเลือกใช้ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้ที่ 1,340.26 A. ต้องมีการเลือกใช้ขนาดหม้อแปลงที่ประมาณ 1,000kVA (1,443A.) หรือที่ขนาดหม้อแปลงประมาณ 1,250kVA (1,803.75A.) ทั้งนี้สามารถเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าได้เพิ่มเติมอีก 30% - 40% เพื่อให้หม้อแปลงสามารถได้งานในช่วงเวลาสำรองไฟฟ้าฉุกเฉิน หรือการ shading โหลดที่สำคัญเพิ่มเติมช่วยอีกทางหนึ่ง ตามตารางจำลองการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าและถือเป็นการลดต้นทุน เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ แบบมีความปลอดภัยอย่างดีด้วย ตามรายการดังตารางข้างต้น

ตาราง 36 การเลือกใช้ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน

Tr Rated 22kV/400V	Irated (A)	Irated (AF 40%) (A)
800	1,155	1,617
1000	1,443	2,021
1250	1,804	2,526
1500	2,165	3,031
1600	2,309	3,233

ทั้งนี้จากการเลือกใช้ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ลดลงจากขนาดหม้อแปลงโดยเฉลี่ยของงานวิจัยที่ 1,619.91kVA เป็น 1,000 kVA เทียบแล้วลดขนาดลงเป็น 38.27% ยังมีผลกับด้านต้นทุนราคาของหม้อแปลงไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สืบเนื่องเป็นลูกโซ่ที่ทำให้ภาพรวมของต้นทุนงานไฟฟ้าบางส่วนมีต้นทุนการลงทุนเริ่มต้น และต้นทุนในการบำรุงรักษาก็มีอัตราส่วนที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจน ตามตารางการลดต้นทุนจากขนาดบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรอาคารสถานพยาบาล โดยทางผู้วิจัยจัดทำรายการเปรียบเทียบงบประมาณระหว่างการออกแบบคำนวณเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าตามผลการสำรวจกลุ่มตัวอย่างประชากรโดยเฉลี่ยกับการนำเสนอการคำนวณเปรียบเทียบการเลือกใช้ที่เหมาะสมดังตัวอย่างนี้

3.2 การจำลองการลดขนาดของคาปาซิเตอร์แบงค์และปรับเปลี่ยนหลักการปรับปรุงตัวประกอบกำลังแบบ Static Var Generator: SVG

จากการใช้ Capacitor bank step ในระบบไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลโดยเฉลี่ยเพียง 0.45 step จากจำนวน step ทั้งหมดโดยเฉลี่ยที่ 10.33 step ทางผู้วิจัยเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีการออกแบบและคำนวณ Capacitor bank ที่เกินไปอย่างมากๆ เนื่องจากมีการเผื่อขนาดของหม้อแปลงที่ใหญ่เกินไป และการออกแบบคำนวณโดยการคิด 30% ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ทำให้มีการออกแบบคำนวณเลือกใช้ Capacitor bank ที่เกินไปอย่างมากๆ และที่สำคัญยังเป็นเหตุให้เกิดการ breakdown ของคาปาซิเตอร์แบงค์ จากสาเหตุการทำงานที่มีขนาดใหญ่เกินไป และอาจมีการแบ่ง step ที่กว้างเกินไปหรือในแต่ละ step มีจำนวนคาปาซิเตอร์ที่มากเกินกว่าการใช้งาน ทำให้มีการทำงานที่ถี่เกินไป อาจมีผลทำให้คาปาซิเตอร์ร้อนจากการทำงานได้ เพราะการทำงานหรือการสวิชชิ่งคาปาซิเตอร์มีปริมาณกระแสค่อนข้างสูงมากๆ ยังเป็นผลให้คาปาซิเตอร์แบงค์เกิด breakdown กระทั่งเกิดเพลิงไหม้ลุกลามทั้งแผงสวิตช์เมนและห้องไฟฟ้า เกิดความเสียหายอย่างมากในระบบไฟฟ้าและระบบต่างๆ ที่เกี่ยวเนื่องไม่สามารถทำงานได้

ในปัจจุบันการชดเชยชุดตัวประกอบกำลังโดยการใช้ Static Var Generator: SVG เพื่อปรับปรุงตัวประกอบกำลัง การแก้ไขฮารมอนิกส์ และการแก้ไขเวกเตอร์กระแส เป็นที่นิยมอย่างมาก เนื่องจากมีการทำงานที่ละเอียดตามความต้องการจริงแบบรวดเร็วอย่างทันใจกับการเปลี่ยนแปลงของคาปาซิเตอร์ และยังช่วยการแก้ไขปัญหาฮามอนิกส์ของระบบไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากอุปกรณ์สวิชชิ่งในเครื่องมือเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทันสมัย เช่น ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง เป็นต้นที่เป็นส่วนสำคัญในการสร้างฮามอนิกส์ขึ้นในระบบไฟฟ้า ทั้งนี้การใช้งาน SVG อาจดูมีราคาสูงกว่าคาปาซิเตอร์อย่างมาก หากมีการเปรียบเทียบกันโดยละเอียดจะเห็นได้อย่างชัดเจนว่าการใช้ SVG นั้นคุ้มค่าและมีประสิทธิผลกับระบบไฟฟ้าอย่างสมเหตุสมผลมาก

ดังนั้นการออกแบบคำนวณเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เหมาะสม ทำให้ระบบไฟฟ้ามีความปลอดภัยและยังมีผลในการลงทุนเริ่มต้น ตลอดถึงการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่มีต้นทุนที่สมเหตุสมผล ยังช่วยให้งานวิศวกรรมไฟฟ้ามีความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญ

4. เพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มเสริมความเป็นกลางทางคาร์บอน

ผลการสรุปตามความมุ่งหมายทั้ง 3 ข้อ ผู้วิจัยเห็นถึงการผลิตปริมาณคาร์บอนจำนวนอย่างมาก ที่มีการออกแบบคำนวณเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินไป การเสียพื้นที่ในการติดตั้งและบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินไป ล้วนเป็นการสร้างปริมาณคาร์บอนให้กับโครงการและสังคมอย่างยิ่ง ซึ่งเปรียบเทียบเป็นสัดส่วนจากตารางการเปรียบเทียบการออกแบบคำนวณเลือกใช้ตามกลุ่มตัวอย่างประชากรโดยเฉลี่ยที่มีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานมากถึง 27.14% ก็

ยังผลให้มีการเพิ่มปริมาณคาร์บอนอย่างน้อยก็ 27.14% ซึ่งยังไม่รวมในส่วนของพื้นที่ที่สูญเสียไป การจ่ายระบบปรับอากาศ การระบายอากาศ และระบบประกอบอาคารต่างๆ ที่มีผลจากการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินไปด้วย รวมถึงการบำรุงรักษาในอนาคตที่ต้องใช้วัสดุ อุปกรณ์ อะไหล่ที่ขนาดใหญ่เกินการใช้งานจริงด้วย อีกหนึ่งปัจจัยที่หน่วยงานสาธารณูปโภคก็ต้องมีการเตรียมการใช้ทั้งไฟฟ้า ประปา สื่อสาร และส่วนต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่เกินการใช้งานจริงของอาคารสถานพยาบาล ทำให้สูญเสียทั้งภาคจำหน่ายของระบบสาธารณูปโภค เป็นห่วงโซ่การออกแบบคำนวณเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าและส่วนประกอบที่ใหญ่มากๆ เกินกว่าการใช้งานจริง จึงมีผลต่อเนื่องเป็นบัญญัติไตรยางค์ที่ทำให้มีปริมาณการผลิตคาร์บอนที่สูงเกินไปอย่างมาก

5.2 อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง ผลกระทบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าของอาคารสถานพยาบาลสำหรับความปลอดภัยและทางเศรษฐศาสตร์ในประเทศไทย สามารถอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. สำหรับวิศวกรและผู้ดูแลอาคารในปัจจุบัน เริ่มทราบข้อมูลทางเทคนิคที่มีการออกแบบคำนวณเลือกใช้ระบบไฟฟ้ามากขึ้น แต่ก็ยังไม่มีข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมตลอดทั้งปีและหลายปี ทั้งยังไม่มีทราบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนวงจรย่อยๆ เนื่องจากยังไม่มีมิเตอร์ที่ทันสมัยเป็นดิจิตอลมิเตอร์แบบส่งข้อมูลได้ และการปรับตั้งค่าต้องได้ผู้มีความรู้ความสามารถมาเก็บข้อมูลการเลือกใช้การติดตั้งจริงๆ และนำข้อมูลต่างๆ ที่มีปริมาณมากมาย ดำเนินการใส่ข้อมูลและใช้โปรแกรมที่มีราคาค่อนข้างแพง โดยการตั้งค่าต่างๆ ที่เหมาะสมให้กับโปรแกรม เพื่อคำนวณการปรับตั้งค่าที่เหมาะสมที่สุดที่พอจะปรับตั้งได้ เนื่องจากการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าหลายส่วนหลายจุดเป็นรุ่นที่ไม่สามารถทำการปรับตั้งค่าให้สัมพันธ์กันได้ทั้งหมดแบบ total discrimination ซึ่งอาจปรับตั้งค่าความสัมพันธ์ได้แบบ partial discrimination ก็ถือว่า น่าจะเป็นการดีที่สุด เพื่อช่วยให้มีการทำงานที่สมบูรณ์มากยิ่งขึ้นในส่วนการป้องกันกระแสเกิน การป้องกันกระแสลัดวงจร และการป้องกันกระแสรั่วในระบบไฟฟ้า และต้องขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่กรุณาประชาสัมพันธ์ เสียสละเวลาในการสำรวจให้ข้อมูลกันมาอย่างดี เพื่อให้เกิดการทำงานที่สัมพันธ์กันและเกิดความปลอดภัยกับอาคารสถานพยาบาล

2. ผู้วิจัยมีความประสงค์ให้อาคารสถานพยาบาลที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันมีการนำข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละวงจรย่อยถึงวงจรประธานและส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง มาทำการวิเคราะห์เพื่อปรับตั้งค่าให้เกิดการทำงานที่สัมพันธ์กันอย่างมากที่สุดเท่าที่ทำได้ และในส่วนของอาคารสถานพยาบาลใหม่ๆ ก็อยากให้มีการใช้ประสบการณ์ที่ผ่านมา นำมาปรับใช้การออกแบบคำนวณเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ให้เหมาะสมและคำนึงถึงเรื่องภาวะโลกร้อน โดยให้งานระบบวิศวกรรมไฟฟ้าตอบโจทย์ความเป็นกลางทางคาร์บอนที่เหมาะสม มีหลักเกณฑ์ในการออกแบบ

คำนวณเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า เพื่อให้เกิดการใช้งานที่ปลอดภัย และลดงบประมาณในลงทุนลงถึงการบำรุงรักษา ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ใช้ประโยชน์จากวัสดุธรรมชาติ วัสดุสารพิษที่ลดลง เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน ยืดอายุบริภัณฑ์ไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่นๆ อย่างเหมาะสม

3. ที่ผ่านมางานวิจัยเรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร: มุมมองเชี่ยวชาญ (Oversized Electrical Appliance Impacts on Condominium Energy Efficiency and Cost-Effectiveness Management: Experts' Perspectives) และงานวิจัยเรื่อง การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า (The Impact of Oversized Electrical Equipment on Energy Management of Thailand Department Stores) รวมถึงกลุ่มตัวอย่างประชากรอาคารสถานพยาบาลจำนวน 50 ตัวอย่าง ให้ผลการเป็นที่ชัดเจนว่ามีการออกแบบคำนวณขนาดของการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงเกินไปอย่างมาก ยังผลให้ระบบไฟฟ้าไม่ได้รับความปลอดภัยจากการเกิดไฟฟ้ากระแสเกิน เพราะพิกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้ามีปริมาณอย่างน้อยมากกว่าที่เซอร์กิตเบรกเกอร์จะเริ่มทำงาน หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์เกือบจะไม่มีโอกาสได้ทำงานสำหรับหน้าที่การป้องกันกระแสไฟเกิน

5.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

ผู้วิจัยอยากจะเชิญชวนให้การไฟฟ้าฯ หรือภาคส่วนอื่นๆ มาร่วมช่วยกันจัดทำงานวิจัยสำหรับอาคารประเภทต่างๆ เพื่อให้เข้าใจหรือมีประสบการณ์ในการออกแบบคำนวณระบบไฟฟ้าในอาคารประเภทต่างๆ และเข้าใจถึงมาตรฐาน และกฎเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ เพื่อหาแนวทางจัดทำมาตรฐานและกฎเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ ให้ทันสมัยเหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งาน และเทคโนโลยีในอนาคต เช่นการติดตั้งดิจิตอลมิเตอร์และเชื่อมต่อระบบให้สามารถบันทึกและนำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.4 ข้อมูลสำหรับงานวิจัย

เหตุผลที่ทำให้ประเทศไทยเป็น Medical Hub ที่น่าสนใจ

1. แพทย์และบุคลากรทางการแพทย์ : แพทย์ไทยมีความเชี่ยวชาญและผ่านการฝึกอบรมที่ได้มาตรฐานระดับสากล บุคลากรทางการแพทย์มีความเป็นมืออาชีพและมีทักษะการสื่อสารที่ดี

2. ค่ารักษาพยาบาล : ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลในประเทศไทยต่ำกว่าหลายประเทศ โดยเฉพาะเมื่อเปรียบเทียบกับประเทศในยุโรปและอเมริกา

3. สิ่งอำนวยความสะดวกและเทคโนโลยี : สถานพยาบาลและคลินิกในประเทศไทยมีอุปกรณ์และเทคโนโลยีทางการแพทย์ที่ทันสมัยและครบครัน

4. การให้บริการ : การบริการทางการแพทย์ในประเทศไทยมีความหลากหลาย เช่น การรักษาทางทันตกรรม การทำศัลยกรรมพลาสติก การรักษาโรคเฉพาะทาง และการฟื้นฟูสุขภาพ

5. สถานที่ท่องเที่ยว : ประเทศไทยมีสถานที่ท่องเที่ยวที่สวยงามและน่าสนใจ ทำให้ผู้ป่วยสามารถพักฟื้นและท่องเที่ยวได้ในขณะเดียวกัน

การส่งเสริมจากรัฐบาล

รัฐบาลไทยได้ส่งเสริมและสนับสนุนให้ประเทศไทยเป็น Medical Hub ผ่านนโยบายและโครงการต่างๆ เช่น การพัฒนาสถานพยาบาล การส่งเสริมการท่องเที่ยวเชิงการแพทย์ และการยกระดับมาตรฐานการบริการทางการแพทย์

ทั้งหมดนี้ทำให้ประเทศไทยมีโอกาสสูงที่จะก้าวสู่การเป็นศูนย์กลางทางการแพทย์ของภูมิภาคและระดับโลกในอนาคต

หลายยุคหลายสมัยที่มีผ่านมา เศรษฐกิจไทยได้มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประเทศมีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นเป็นจำนวนมากในทุกภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ ซึ่งจะสวนทางกับอัตราการเพิ่มขึ้นของการก่อสร้างแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการสร้างเขื่อน การสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน การสร้างโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ ที่มีอัตราการลงทุนที่สูง มีผลกับค่าไฟฟ้าของประชาชนที่จะต้องแบกรับไว้ ยังถือเป็นต้นทุนทางเศรษฐกิจที่ทำให้นักลงทุนทั้งในและนอก อาจตัดสินใจไม่เลือกประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการลงทุน ปัจจุบันทุกภาคส่วนมีความตระหนักเป็นอย่างยิ่งที่จะเร่งให้มีการประหยัดพลังงาน และนำโครงการหรืออุปกรณ์เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการนำแหล่งพลังงานธรรมชาติต่างๆ เช่น โซล่าร์บนดิน บนหลังคา บนน้ำ กังหันลม เข้ามาร่วมผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับแหล่งพลังงานที่มีอยู่ มาใช้เพื่อเป็นการเพิ่มแหล่งผลิตพลังงาน แต่พลังงานสะอาดเหล่านี้ ต้องมีการลงทุนค่อนข้างสูง และเมื่อหมดอายุ ก็จะเป็นขยะที่กำจัดอยากในอนาคตอันใกล้ การประหยัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดของระบบไฟฟ้า อุปกรณ์ไฟฟ้า จึงเกิดขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน

การประหยัดพลังงานในสถานพยาบาล

1. การตรวจสอบและบำรุงรักษา : การตรวจสอบระบบไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่างๆ เป็นประจำและการบำรุงรักษาอย่างถูกวิธีจะช่วยให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพและลดการสูญเสียพลังงาน

2. การใช้เทคโนโลยีประหยัดพลังงาน : การติดตั้งอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูง เช่น หลอดไฟ LED, ระบบ HVAC ที่ทันสมัย, และอุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ประหยัดพลังงาน

3. การใช้พลังงานทดแทน : การติดตั้งแผงโซล่าเซลล์หรือการใช้พลังงานลมเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการพึ่งพาพลังงานจากแหล่งไฟฟ้าหลัก

4. การฝึกอบรมและการให้ความรู้ : การให้ความรู้และการฝึกอบรมบุคลากรเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานและการใช้งานอุปกรณ์อย่างถูกวิธีจะช่วยลดการใช้พลังงานได้

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2563). กฎกระทรวงพลังงาน กำหนดประเภท หรือขนาดของอาคาร และมาตรฐานหลักเกณฑ์ และวิธีการในการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน. https://webkc.dede.go.th/testmax/node/5297

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2535). กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 33 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr35-33-upd69.pdf

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2537). กฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ 39 พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร. https://download.asa.or.th/03media/04law/cba/mr/mr37-39-upd63.pdf

กรมโยธาธิการและผังเมือง. (2555). กฎกระทรวงมหาดไทย เรื่อง กำหนดประเภทและระบบความปลอดภัยของอาคารที่ใช้เพื่อประกอบกิจการเป็นสถานบริการ พ.ศ. 2555. https://info.dpt.go.th/app-service/wan/lawdpt/data/02/2560/129_30a_300355_100860.PDF

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2554). กฎกระทรวงแรงงาน ความปลอดภัย อาชีวอนามัยและสภาพแวดล้อมในการทำงาน มาตรา 6. https://www.tosh.or.th/images/file/2016/osh-act.b.e.2554.pdf

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2558). กฎกระทรวงแรงงาน กำหนดมาตรฐานในการบริหารจัดการ และดำเนินการด้านความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงานเกี่ยวกับไฟฟ้า. https://ubonratchathani.labour.go.th/attachments/article/142/%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%9F%E0%B9%89%E0%B8%B2%E0%B8%AF.pdf

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (2565). กฎกระทรวงแรงงาน การจัดให้มีเจ้าหน้าที่ความปลอดภัยในการทำงานบุคลากร หน่วยงาน หรือคณะบุคคล เพื่อดำเนินการด้านความปลอดภัยในสถานประกอบกิจการ พ.ศ. 2565. https://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2565/A/039/T_0009.PDF

การไฟฟ้านครหลวง. (ม.ป.ป.). เอกสารทางเทคนิคระบบจำหน่ายไฟฟ้า. การไฟฟ้านครหลวง.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.). (2548). ระบบเคเบิ้ลใต้ดิน. ม.ป.พ.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (2560). ผลการศึกษาลักษณะการใช้ไฟฟ้าจากฐานข้อมูลของกองเศรษฐกิจพลังไฟฟ้า. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (ม.ป.ป.). เอกสารทางเทคนิคระบบจำหน่ายไฟฟ้า. การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.

เกษียร สุขีโมกข์. (2567, พฤษภาคม). การออกแบบ BESS ร่วมกับ PV system. เอกสารประกอบการสัมมนาแนวทางการออกแบบติดตั้งบำรุงรักษา ระบบ SOLAR ROOFTOP และระบบกักเก็บพลังงาน อย่างปลอดภัยและคุ้มค่า. โรงแรม เอสซี ปาร์ค, กรุงเทพฯ.

เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (2560ก). บทที่ 1 ความปลอดภัยเบื้องต้นในการปฏิบัติงานทางไฟฟ้า. ช่างไฟฟ้าและ วิศวกรไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ (หน้า 3-34). สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย: โชติ

อนันต์ ครีเอชั่น.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (2560ข). บทที่ 5 หลักการใช้ทั่วไปของเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัย. ช่างไฟฟ้า และ วิศวกรไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ (น. 95-100). สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย โชติอนันต์ ครีเอชั่น.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (2564ค, 29 มกราคม). เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง ทุกชีวิตมีคุณค่า ปลอดภัยด้วยเครื่องตัดไฟรั่ว สำหรับยุคนี้ EV, Solar, ปลั๊กพ่วง etc.. สภาวิศวกร, กรุงเทพฯ.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (2567ก, 27 เมษายน). เอกสารประกอบการบรรยาย เรื่อง การประยุกต์ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ สำหรับ Ground fault protection. วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์, กรุงเทพฯ.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล, (2567ข, มิถุนายน). บทที่ 2 มาตรฐานสายไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้า. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย. โรงแรม เอส รัชดา, กรุงเทพฯ.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (2567ค, มิถุนายน). บทที่ 6 บริภัณฑ์ไฟฟ้า. เอกสารประกอบการสัมมนา เรื่อง มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย. โรงแรม เอส รัชดา, กรุงเทพฯ.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (ม.ป.ป.ก). สวิตช์เกียร์และคอนโทรลเกียร์ แรงดันต่ำ. สภาวิศวกร.
เตชทัต บูรณะอัศวกุล. (ม.ป.ป.ข). สวิตช์เกียร์และคอนโทรลเกียร์ แรงดันปานกลาง. สภาวิศวกร.
นทีกานต์ สุเมธสิทธิกุล. (ม.ป.ป.). การวางแผนโครงการด้วย
ERT/CPM.http://staff.cs.psu.ac.th/natikan/344-381/pret-cpm_1/pert.htm
บริษัท เข็มเหล็ก จำกัด. (ม.ป.ป.). Technical Presentation of solar rooftop [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท เจริญชัย หม้อแปลง จำกัด. (ม.ป.ป.). เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิคของหม้อแปลงไฟฟ้า. บริษัท.
บริษัท นาโน อิเลคทริค จำกัด. (ม.ป.ป.ก). เอกสารทางเทคนิคเซอร์กิตเบรกเกอร์. บริษัท.
บริษัท นาโน อิเลคทริค จำกัด. (ม.ป.ป.ข). เอกสารทางเทคนิคสวิตช์และเต้ารับ. บริษัท.
บริษัท ยู-การผลิต จำกัด. (ม.ป.ป.). Brochure and technical data of conduit [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท ยูไอ สตีลไพพ์ จำกัด (ม.ป.ป.). เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิค [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท ศรีเจริญ คอนดูเลต จำกัด. (ม.ป.ป.). Brochure of electrical conduit fittings & accessories [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท สยามวินพาร์ท อินดัสทรี จำกัด (ม.ป.ป.). Brochure and presentation of electrical fittings and accessories [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท อธิพัฒน์-ธนวัต จำกัด. (ม.ป.ป.). Brochure and technical data of conduit and fitting [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท อาซีฟา จำกัด (มหาชน). (ม.ป.ป.). เอกสารการบรรยายและเอกสารทางเทคนิค [แผ่นพับ]. บริษัท.
บริษัท เอวีร่า จำกัด. (ม.ป.ป.ก). เอกสารทางเทคนิคคาปาซิเตอร์. บริษัท.
บริษัท เอวีร่า จำกัด. (ม.ป.ป.ข). เอกสารทางเทคนิคอุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ. บริษัท.
บริษัท แอร์โรว์ ซินดิเคท จำกัด (มหาชน). (ม.ป.ป.). Brochure and technical data of conduit

[แผ่นพับ]. บริษัท.

บริษัท ฮาโก้ อิเลคทริค (ประเทศไทย) จำกัด. (ม.ป.ป.). Brochure and technical data of conduit [แผ่นพับ]. บริษัท.

บริษัท ฮาโก้ อิเลคทริค (ประเทศไทย) จำกัด. (ม.ป.ป.). Technical Presentation of solar rooftop [แผ่นพับ]. บริษัท.

ประสาน รัตนสาลี. (ม.ป.ป.). การสร้าง, S-Curve เพื่อติดตามงานสร้าง โดย MS Excel (S-Curve for monitor). ม.ป.พ.

ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์. (2559). การออกแบบระบบไฟฟ้า. โชติอนันต์ครีเอชั่น

ลือชัย ทองนิล. (2560). การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า (พิมพ์ครั้งที่ 34). สำนักพิมพ์ภาษาและวัฒนธรรม สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วิกิพีเดีย. (ม.ป.ป.). กราวด์ (ไฟฟ้า).
https://th.wikipedia.org/wiki/%E0%B8%81%E0%B8%A3%E0%B8%B2%E0%B8%A7%E0%B8%94%E0%B9%8C_(%E0%B9%84%E0%B8%9F%E0%B8%9F%E0%B9%89%
E0%B8%B2)

วิทยา ธีระสาส์น. (ม.ป.ป.). เอกสารการบรรยาย การปรับปรุงคุณภาพไฟฟ้า. ม.ป.พ.

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.). (2565). มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย: ระบบการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานแสงอาทิตย์ที่ติดตั้งบนหลังคา พ.ศ. 2565. โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สภาวิศวกร. (2566). กฎกระทรวงมหาดไทย กำหนดสาขาวิชาชีพวิศวกรรมและวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม. https://coe.or.th/pro-law/13126/

สภาสถาปนิก. (2566). พระราชบัญญัติสถาปนิก การกำหนดสิทธิและเสรีภาพของบุคคล. https://act.or.th/th/legal-1/

สมพล เจริญพงศ์พัฒนะ. (ม.ป.ป.). แบบ Static Var Generator: SVG. ม.ป.พ.

สมศักดิ์ วัฒนะศรีมงคล. (ม.ป.ป.). การทดสอบแรงดันตก. ม.ป.พ.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. (ม.ป.ป.). การกักเก็บพลังงานไฟฟ้าเคมี. https://www.facebook.com/Eppo
Thailand/photos/a.166889340171253/1788898201303684/?type=3

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2564). ชุดประกอบสวิตช์เกียร์และเกียร์ควบคุมไฟฟ้าแรงดันต่ำ. สำนักงาน.

สุธี ปิ่นไพสิฐ. (ม.ป.ป.). สวิตช์เกียร์และคอนโทรลเกียร์ แรงดันต่ำ. สภาวิศวกร.

เอกชัย ประสงค์. (2563, มีนาคม). เอกสารประกอบการสัมมนา ความรู้พื้นฐานในงานช่างไฟฟ้า รุ่นที่ 6. โรงเรียนข้าราชการส่วนท้องถิ่น, จังหวัดปทุมธานี.

Bangkok Cable CO.,LTD. (n.d.). Technical data of PV cable. n.p.

Bangkok Cable CO.,LTD. (n.d.). Technical data presentation and photo. n.p.

Bullard. (n.d.). หมวกดับเพลิง. https://santofire.co.th/product/firehelmet-bullard-fx/

Buranaaudsawakul,T,Thongsan,T,Lengpanich,J,&Sa-ngiamvibool,W.(2022).The impact of oversized

Buranaaudsawakul, T.; Wisaeng, K. (2021). Oversized Electrical Appliance Impacts on Condominium Energy

Efficiency and Cost-Effectiveness Management: Experts' Perspectives. Appl. Syst. Innov. 4(4), 98. https://doi.org/10.3390/asi4040098

Dhaka farm. (n.d.). Architecture design concept. https://images.app.goo.gl/KVRSfDqm5uiZJgUW9

Eaton CO.,LTD. (n.d.). Technical presentation for LV – MV Switchgear. n.p.

electrical equipment on energy management of Thailand department stores. International Journal of Engineering Trends and Technology, 70(12), 35-41. https://doi.org/10.14445/ 22315381/IJETT-V70I12P205

Enphase CO.,LTD. (n.d.). Technical data for micro – inverter. n.p.

Enrich GE CO.,LTD. (n.d.). Technical Catalogue and presentation. Enrich GE. n.p.

Hickey, Robert B. (2009). Electrical engineer 's portable handbook (2nded.). McGraw-Hill.

Huawei Technologies CO.,LTD. (n.d.). Brochure and technical data presentation. n.p.

International Electrotechnical Commission (IEC). (1999). IEC 60439 Low voltage switchgear and controlgear assemblies. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2002). IEC60898 Electrical accessories – circuit breakers for overcurrent protection for household and similar installations. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2007). IEC 62271 High voltage switchgear and controlgear. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2016a). IEC60364-6 Low-voltage electrical installation Part 6: Verification. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2016b). IEC60909 short-circuit calculation. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2019a). IEC60529 Degree of protection provided by enclosures. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2019b). IEC60947-2 Low-voltage switchgear and controlgear Part 2 circuit breakers. IEC.

International Electrotechnical Commission (IEC). (2023). IEC 61439 Low voltage switchgear and controlgear assemblies. IEC

Kumwell Corporation CO.,LTD. (n.d.). Technical Catalogue, presentation and photo. Kumwell.

Lessmartgrids. (n.d.). การทำงานของแบตเตอรี่.
https://images.app.goo.gl/KVRSfDqm5uiZJgUW9
National Fire Protection Association (NFPA). (2023).The National Electrical Code (NFPA 70). NFPA.
Schneider Electric. (2024a). Low Voltage and Industry Product Price List. Schneider Electric.
Schneider Electric. (2024b). Brochure and technical data for LV switchgear. Schneider Electric.
Schneider Electric. (2024c). Brochure and technical data for MV switchgear. Schneider Electric.
STAUBLI Electrical Connectiors AG. (n.d.) Technical presentation data. n.p.
Underground Cable System Technical Committee from EGAT&PEA&MEA. (2024, July 25). Lecture notes for
underground system, The Queen Sirikit National Convention Center (QSNCC), Bangkok.
Wikipedia. (n.d.). Earthing system. https://en.wikipedia.org/wiki/Earthing_system

พหุน ปณฺ ฑิโต ชีเว

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเตชทัต บูรณะอัศวกุล
วันเกิด	วันที่ 1 เดือนเมษายน พ.ศ. 2516
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่3761/384 หมู่ที่ - บ้าน - ซอย/ตรอก นอกเขต ถนน - ตำบล บางโคล่ อำเภอ เขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร 10120
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2538 ปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) สาขาวิศกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ.2542 ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.ม.) สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ พ.ศ.2564 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาวิชาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ.2566 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ.2568 วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พหูน ปณฺฑิโต ชีเว