ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงาน อย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ

วิทยานิพนธ์

ของ

เตชทัต บูรณะอัศวกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

ตุลาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงาน
อย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ

วิทยานิพนธ์

ของ

เตชทัต บูรณะอัศวกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
ตุลาคม 2565

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Impacts of Oversized Electrical Eqipment for Department Store Safety, Energy Effiency and Cost-Effectiveness Management : Experts' Perspectives

Techatat Buranaaudsawakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Electrical and Computer Engineering)
October 2022
Copyright of Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเตชทัต บูรณะอัศวกุล แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร)

....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

....กรรมการ

(ผศ. ดร. สุพรรณนิกา วัฒนะ)

....กรรมการ

(ผศ. ดร. นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์)

....กรรมการ

(อ. ดร. บัญชา วัฒนะ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

....	....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)	(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)
คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์	คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ		
ผู้วิจัย	เตชทัต บูรณะอัศวกุล		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	**สาขาวิชา**	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	**ปีที่พิมพ์**	2565

บทคัดย่อ

ห้างสรรพสินค้าปรับตัวตลอดให้ทันสมัยกับในไลฟ์สไตล์ใหม่ๆ หลังโควิดทุกคนก็ต่างอยากพักผ่อนกันอย่างเต็มที่ตลอดทั้งวัน อัตราใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นตามอัตราผู้ใช้บริการ พลังงานไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเป็นระบบปรับอากาศ การออกแบบ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าสำหรับห้างสรรพสินค้า หรืออาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ต้องเป็นตามมาตฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท) ที่มีหน่วยงานต่างๆ ร่วมกันจัดทำ ได้แก่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค การไฟฟ้านครหลวง กรมโยธาธิการและผังเมือง คณาจารย์ ผู้ออกแบบ ผู้ควบคุมงาน ผู้รับเหมาระบบประกอบอาคารเป็นต้น

จากผลการวิจัยได้ข้อสรุปทางวิศวกรรม สามารถทำการลดขนาดบริภัณฑ์ไฟฟ้าลงได้ถึง 4 ขนาด ที่ 54% ในกรณีใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพียงตัวเดียวในห้างสรรพสินค้า และการลดขนาดบริภัณฑ์ไฟฟ้าลงได้ถึง 3 ขนาด หรือที่ 50% ในกรณีใช้หม้อแปลงไฟฟ้าแบบสามารถทดแทนกันได้ Redundancy ในห้างสรรพสินค้า เพื่อความปลอดภัยเพื่อการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อความคุ้มค่าในการลงทุนขั้นต้น และความคุ้มค่าในการบริหารจัดการรวมถึงการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าในปลอดภัย มีความเชื่อถือได้ มีเสถียรภาพ มีความมั่นคง และบรรลุทางเศรษฐศาตร์

คำสำคัญ : บริภัณฑ์ไฟฟ้าขนาดใหญ่, การป้องกันกระแสเกิน, ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน, ผลกระทบต่อห้างสรรพสินค้า, ประสิทธิผลในการบริหารจัดการและลดต้นทุน

TITLE	The Impacts of Oversized Electrical Eqipment for Department Store Safety, Energy Effiency and Cost-Effectiveness Management : Experts' Perspectives		
AUTHOR	Techatat Buranaaudsawakul		
ADVISORS	Associate Professor Worawat Sa-Ngiamvibool , Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	**MAJOR**	Electrical and Computer Engineering
UNIVERSITY	Mahasarakham University	**YEAR**	2022

ABSTRACT

Department stores are constantly adapting to stay up to date with new lifestyles. After COVID, everyone wants to rest all day. The rate of electricity consumption increases according to the rate of service users. Most of the electric power is air conditioning systems. Design and selection of electrical equipment for shopping malls or large buildings or extra-large buildings must be in accordance with electrical installation standards for Thailand Under the Royal Patronage of His Majesty the King where variously agencies working together, namely the Provincial Electricity Authority, Metropolitan Electricity Authority, Department of Public Works and Town & Country Planning, faculty members, designers, consultants, contractors for building assembly systems, etc.

From the results of the research came engineering conclusions. Able to reduce the size of electrical equipment up to 4 sizes at 54% in the case of using a single transformer in a department store. and reducing the size of electrical equipment up to 3 sizes or at 50% in the case of using an interchangeable transformer Redundancy in department stores for safety for energy efficiency for value in initial investment and cost-effectiveness in management and maintenance of electrical systems in a safe manner It is reliable, stable, stable and achieves

economics.

Keyword : large electrical equipment, overcurrent protection, energy efficiency, impact on shopping malls, Management effectiveness and cost reduction

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์ให้ความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก รศ.ดร.อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ประธานกรรมการสอบ รศ.ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รศ.ดร.สุพรรณ วัฒนะ กรรมการ ผศ.ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์ กรรมการ อ.ดร.บัญชา วัฒนะ กรรมการ และบุคคลหลากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ รองศาสตาจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล อาจารย์ที่ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์เสียสละเวลาอันมีค่าทั้งในเวลาและนอกเวลาราชการในการให้คำปรึกษาแนะนำด้านต่างๆ ให้ทั้งความรู้ ความเข้าใจ เกิดทักษะและทัศนคติที่ดี เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับคุณภาพนี้เกิดขึ้นได้ และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่มุ่งหมายไว้ทุกประการ

ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดีฯ คณบดีฯ คณาจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย และทีมเจ้าหน้าที่ ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ และสาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้สรรสร้างหลักสูตรที่มีความทันสมัย เหมาะสม เปี่ยมคุณภาพกับยุคแห่งเทคโนโลยีและดิจิทัล ที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทันเหตุการณ์ในช่วงแห่งโรคระบาดไวรัสโควิด 19 ที่ยาวนานมากกว่า 2 ปี

ขอขอบพระคุณเอกสารทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ ตำราเรียน หนังสือ คู่มือ ข้อมูลทางวิศวกรรมของหลากหลายคณาจารย์ หรือทุกท่านที่ร่วมสรรสร้างสิ่งดีๆ ทางวิศวกรรมให้สังคม อย่างเช่น รศ.ดร.ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ รศ.ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ รศ.ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูลย์ ผศ.ดร.อนวัช แสงสว่าง ผศ.ดร.ประสิทธิ์ ภูสมมา ผศ.ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ ดร.วิโรจน์ บัวคลี่ อาจารย์ลือชัย ทองนิล คุณกิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ คุณสุธี ปิ่นไพสิฐ และท่านอื่นๆ ให้เป็นแนวทาง ส่วนประกอบส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณวรพจน์ เกิดสุข ผู้อำนวยการวิศวกรรมการก่อสร้าง และทีมงานของบริษัท เซ็นทรัลพัฒนา จำกัด (มหาชน) ดร.ชาตรี พงษ์วิไลย์ ผู้อำนวยการใหญ่ กลุ่มงานวิศวกรรมงานระบบและทีมงาน บริษัท เดอะมอลล์กรุ๊ป จำกัด คุณนครินทร์ โตเล็ก ที่กรุณาให้ข้อมูลทางวิศวกรรมฯ อย่างดี มีประสิทธิภาพ และที่สำคัญ คือ ให้ข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนและส่งกลับได้อย่างรวดเร็วมาก

ขอขอบพระคุณ คุณสมชาย รุ่งนพรัตน์ และทีมงานโรงพยาบาลรามาธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล และคุณลือชัย โพธิสกุลและทีมงานโรงพยาบาลชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และทีมงานโรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย

ขอขอบพระคุณ คุณไพบูลย์ อังคณากรกุล และทีมงาน บมจ. อาซีฟา ที่ช่วยให้ข้อมูลทาง

เทคนิคและข้อมูลทางวิศวกรรมฯอย่างดีมาโดยตลอด รวมถึงคุณไพบูลย์ ได้ช่วยสนับสนุนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดี และตลอดไป

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆนิสิตดุษฎีบัณฑิตทุกท่าน ที่เราได้มีโอกาสมาร่วมชั้นเรียน ร่วมทานข้าวกัน และได้ร่วมด้วยช่วยกัน ปราถนาดีต่อกันอย่างกัลลายนิมิตรตลอดมา

วัตถุประสงค์ของผู้เขียนนั้นชัดเจนตลอดมา ที่มุ่งหวังให้ทุกท่านที่ได้อ่านศึกษา และนำไปปฏิบัติใช้เพื่อตนเองและช่วยผู้อื่น ให้เป็นประโยชน์ต่อสังคมได้ ขอให้ทุกท่านเตรียมพร้อมสำหรับโลกยุคเทคโนโลยีที่นำสมัย การมีความปลอดภัยในการทำงาน ทำงานโดยการทวนสอบตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย วสท. และมาตรฐานต่างๆ รวมถึงกฎหมายที่เกี่ยวข้อง รักษากฎระเบียบที่ดีขององค์กร ทำงานอย่างมีคุณภาพสูงสุดให้เกิดประสิทธิผลสูงสุดกับวิชาชีพและองค์กร มีทัศนคติที่ดีต่อการทำงานและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการทำงาน ศึกษาและพัฒนาความรู้ความสามารถในวิชาชีพอย่างต่อเนื่อง พัฒนาตนเองให้เติบโตในสายงาน แบ่งปันสิ่งที่ดีๆ เพื่อสังคม อย่างต่อเนื่อง

ด้วยอานิสงค์แห่งความดี ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เล่มนี้แล้วเสร็จได้ ขอมอบคุณความดีให้สำหรับ นายจุ้งคี้ แซ่เบ๊ และ นางอำไพจิตต์ กุศลเตช รวมถึง น.ส.จิรวดี ชะยะมังคะลา

เตชทัต บูรณะอัศวกุล

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย........ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ........จ
กิตติกรรมประกาศ........ช
สารบัญ........ฌ
สารบัญตาราง........ฏ
สารบัญภาพ........ฑ
บทที่ 1 บทนำ........1
1.1 ภูมิหลัง........1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย........5
1.3 ความสำคัญของการวิจัย........5
1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย........6
1.5 ขอบเขตของการวิจัย........7
1.6 สมมติฐานของการวิจัย........8
1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ........9
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง........11
2.1 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย........11
2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า........20
2.3 การติดตั้งระบบไฟฟ้า........21
2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า........25
2.5 ช่างไฟฟ้าและวิศวกรไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ........43
2.6 ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1........48

พหูน ปณฺ ฑิโต ชีเว

2.7 การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า 49

2.8 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศ 49

2.9 การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ 50

2.10 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ 51

2.11 การวิเคราะห์โครงการ : มุมมองทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ (Cost Benefit Analysis : Financial and Economic Perspectives) 51

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 52

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 63

3.1 กลุ่มประชากรตัวอย่าง 63

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 65

3.3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ 66

3.4 การเก็บรวบรวม การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล 67

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ 68

3.6 การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า 70

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 72

4.1 สูตรการคำนวณทางสถิติและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูล 72

4.2 การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล 73

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการทางสถิติและหลักการทางวิศวกรรม 75

4.4 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า 78

4.5 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่น เพิ่มเติมอีก 2 กลุ่ม 81

4.6 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มสถานพยาบาล 82

4.7 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารสถานพยาบาล 83

4.8 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอาคารชุด 85

4.9 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารชุด 87

4.10 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรง 89

บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 94

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 94

5.2 สรุปผล 94

5.3 อภิปรายผล 108

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 110

บรรณานุกรม 122

ภาคผนวก 127

ประวัติผู้เขียน 138

พหูนํ ปณฺฑิโต ชีเว

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัด กฟน. 13

ตารางที่ 3 ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตีสวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธาน (สำหรับ 14

ตารางที่ 4 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้า 16

ตารางที่ 5 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้า 17

ตารางที่ 6 ดีมานด์แฟกเตอร์ของสายป้อนแสงสว่าง... 23

ตารางที่ 7 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย 23

ตารางที่ 8 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป 24

ตารางที่ 9 แรงดันระบบจำหน่าย.. 26

ตารางที่ 10 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส แรงดัน 12–24 kV / 230–400V..................................... 32

ตารางที่ 11 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน1เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V 33

ตารางที่ 12 พิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230–400V 33

ตารางที่ 13 ค่า BIL ที่พิกัดแรงดัน.. 34

ตารางที่ 14 การแท็ปแยกแรงดัน.. 35

ตารางที่ 15 การแท็ปแยกแรงดันของ กฟน. 35

ตารางที่ 16 สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อน.. 36

ตารางที่ 17 ตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลง............ 39

ตารางที่ 18 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V ... 42

ตารางที่ 19 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ 77

ตารางที่ 20 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่น 79

ตารางที่ 21 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 80

ตารางที่ 22 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 80

ตารางที่ 23 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3 80

ตารางที่ 24 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ทั้งหมด ทั้ง 3 ตอน 81

ตารางที่ 25 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ 82

ตารางที่ 26 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% 84

ตารางที่ 27 ตารางความเชื่อมั่น 85

ตารางที่ 28 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ 86

ตารางที่ 29 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่น 88

ตารางที่ 30 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ 89

ตารางที่ 31 แสดงระดับความเหมาะสมในมุมของผู้ดูแลระบบไฟฟ้าอาคารห้างสรรพสินค้าเป็น....... 93

ตารางที่ 32 พิกัดหม้อแปลงแบบแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230–400V และกำลังสูญเสียไฟฟ้า112

ตารางที่ 33 งบประมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตามผลการประเมินฯ 120

ตารางที่ 34 งบประมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Redundancy) 121

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร 21

ภาพที่ 2 รูปแสดงการส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและ โหลดในการจ่ายไฟของการไฟฟ้าฯ 25

ภาพที่ 3 รูปแสดง หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) และสิ่งห่อหุ้ม 27

ภาพที่ 4 รูปแสดงตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันแบบ Corrugated Tank 28

ภาพที่ 5 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง 29

ภาพที่ 6 รูปแสดง เครื่องห่อหุ้ม (Protective Enclosure) 30

ภาพที่ 7 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านบน 31

ภาพที่ 8 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง 31

ภาพที่ 9 รูปแสดงการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลง 39

ภาพที่ 10 สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ในภาพตามลำดับ ของมาตรฐาน IEC ตามลำดับ 43

ภาพที่ 11 ข้อมูลของ MCCB ที่จมูกหรือก้านโยก 44

ภาพที่ 12 การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) 45

ภาพที่ 13 ส่วนประกอบของ MCCB 46

ภาพที่ 14 Air Circuit Breaker: ACB ทางกายภาพ 47

ภาพที่ 15 การทำงานของชุดควบคุมของ ACB 47

ภาพที่ 16 สัดส่วนข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 76

ภาพที่ 17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงMean (สีส้ม) กับพิกัดที่หม้อแปลงและ C.B (สีน้ำเงิน) 96

ภาพที่ 18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ยเชิงเส้น 97

ภาพที่ 19 กราฟเชิงเส้นปริมาณกระแสใช้จริงMean และช่วงกระแสที่ C.B จะสามารถทำงานได้.... 98

ภาพที่ 20 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้ 101

ภาพที่ 21 การเก็บข้อมูลการเลือกใช้หม้อแปลงของอาคารห้างสรรพสินค้า 103

ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้งานจริง ต่อ กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า Iuse / Irated 106

ภาพที่ 23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้งานจริง ต่อ กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า Iuse / Irated ในทางสถิติศาสตร์ ควอร์ไทล์ (quartile)... 107

ภาพที่ 24 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้า 113

ภาพที่ 25 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าความสูญเสียตามพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2000 kVA 115

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ภูมิหลัง

การใช้พลังงานไฟฟ้าครั้งแรกของโลกเมื่อ ปี ค.ศ 1800 (มากกว่า 222 ปี) สำหรับในประเทศไทยมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2427 ในรัชสมัยของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว รัชกาลที่ 5 โดยผู้ที่ให้กำเนิดกิจการไฟฟ้าในประเทศไทย คือ จอมพลเจ้าพระยาสุรศักดิ์มนตรี (เจิม แสงชูโต) เรื่องพลังงานไฟฟ้าเป็นทางเลือกหนึ่งในหลายๆทางเลือกของพลังงานที่มนุษย์ส่วนใหญ่นำมาเลือกใช้ ด้วยความสะดวกในการผลิตและการใช้งาน การจำแนกรูปแบบต่างๆ ของพลังงานแบ่งออกได้ ดังนี้ พลังงานความร้อน พลังงานเคมี พลังงานจลน์ พลังงานศักย์ พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้า และพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าถือเป็นพลังงานที่มีการใช้งานกันมากที่สุด โดยสามารถนำไปเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานประเภทอื่นๆ ได้อย่างสะดวก เช่น พลังงานเสียง พลังงานกล พลังงานลม พลังงานความร้อน เป็นต้น

สำหรับในประเทศไทยนั้น มีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็วมากในรอบ 30 ปี ที่ผ่านมา ส่งผลให้การใช้กระแสไฟฟ้าภายในประเทศมีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นเป็นจำนวนมากในทุกภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ ซึ่งจะสวนทางกับอัตราการเพิ่มขึ้นของการก่อสร้างแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการสร้างเขื่อน การสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน การสร้างโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ การติดตั้งระบบโซล่าร์ การติดตั้งกังหันลม กังหันน้ำก็ตามต่างก็มีอัตราการลงทุนที่สูงอย่างมาก มีผลกับค่าไฟฟ้าที่มีการคิดค่าตัวคูณเพิ่มกับประชาชนที่จะต้องแบกรับไว้ ยังถือว่าเป็นต้นทุนทางเศรษฐกิจที่ทำให้นักลงทุนทั้งในและนอกประเทศ อาจตัดสินใจไม่เลือกประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการลงทุนปัจจุบันทุกภาคส่วนมีความตระหนักเป็นอย่างยิ่งที่จะเร่งให้มีการประหยัดพลังงาน และนำโครงการหรืออุปกรณ์เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการนำแหล่งพลังงานธรรมชาติต่างๆ เช่น โซล่าร์บนหลังคา โซล่าร์บนดิน กังหันลม โซล่าร์บนน้ำ กังหันทะเลเข้ามาร่วมผลิตกระแสไฟฟ้าร่วมกับแหล่งพลังงานที่มีอยู่ มาใช้เพื่อเป็นการเพิ่มแหล่งผลิตพลังงาน แต่พลังงานสะอาดเหล่านี้ ต้องมีการลงทุนค่อนข้างสูง และเมื่อหมดอายุ ก็จะเป็นขยะที่กำจัดยากในอนาคตอันใกล้ การประหยัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดของระบบไฟฟ้า ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของบริภัณฑ์ไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน

โครงสร้างการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงปี 2524-2546 จะเห็นได้ว่าไฟฟ้าเกือบทั้งหมดถูกใช้ไปใน 3 ส่วน คือ ธุรกิจ (ซึ่งรวมถึงอาคารพาณิชย์และสถานที่ราชการด้วย) โรงงานอุตสาหกรรม และบ้านเรือนที่อยู่อาศัย โดยประมาณ 45% ของไฟฟ้าถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม 30% ใช้ไปในด้าน

ธุรกิจ และอีก 20% ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยตลอดทุกปีในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับที่ภาคธุรกิจในส่วนของห้างสรรพสินค้านั้นมีปริมาณหนึ่งในสามของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

สำหรับภาวะการณ์ของโควิดและสงครามระหว่างประเทศรัสเซียกับประเทศยูเครน มีผลทำให้เกิดการปรับตัวในส่วนต้นทุนพลังงานไฟฟ้าและวัสดุต่างๆ ที่เกี่ยวข้องสูงขึ้นอย่างมาก โดยจะมีการใช้อัตราค่าไฟฟ้าใหม่ในเดือนกันยายน 2565 ที่มีราคาสูงขึ้นอย่างมาก ที่ถือเป็นต้นทุนในการดำรงชีวิต ต้นทุนในการประกอบธุรกิจอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง

อาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้าที่มีพื้นที่ใช้สอยรวมกันทุกชั้น ของอาคารหรือกลุ่มของอาคารตั้งแต่ 25,000 ตารางเมตรขึ้นไป ที่จัดเป็นอาคารประเภท ก และห้างสรรพสินค้าที่พื้นที่มากกว่า 5,000 แต่ไม่ถึง 25,000 ตร.ม. ซึ่งจัดเป็นอาคารประเภท ข ซึ่งต้องปฏิบัติตาม พรบ. สิ่งแวดล้อมอาคารประเภทดังกล่าวมีกฎหมายอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับอาคารของศูนย์การค้าหรือห้างสรรพสินค้า ได้แก่

- พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522
- ข้อบัญญัติกรุงเทพมหานคร เรื่อง ควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๔๔
- พระราชบัญญัติความปลอดภัย อาชีวอนามัย และสภาพแวดล้อมในการทำงาน พ.ศ. ๒๕๕๔
- พระราชบัญญัติสุขาภิบาล พ.ศ.๒๔๙๕
- พระราชบัญญัติการจัดสรรที่ดิน พ.ศ.๒๕๔๓
- พระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ.๒๕๓๕
- พระราชบัญญัติรักษาความสะอาด และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของบ้านเมือง พ.ศ. ๒๕๓๕
- พระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ.๒๕๓๕

สำหรับการขออนุญาต เพื่อการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษในกลุ่มของห้างสรรพสินค้า การออกแบบอาคารให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมาย ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) หรือการวางระบบด้านความปลอดภัยต่างๆ เป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของกฎหมายควบคุมอาคารเท่านั้น ยังมีมาตรการทางกฎหมายที่เกี่ยวกับมาตรฐานความปลอดภัยในเรื่องอื่นๆ อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า มาตรฐานของระบบการดับเพลิง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบการจราจร และการรักษาความสะอาด ซึ่งเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งเจ้าของโครงการก่อสร้างอาคารห้างสรรพสินค้าจะต้องให้ความสำคัญและปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

ห้างสรรพสินค้า (อังกฤษ: department store) หรือเรียกสั้น ๆ ว่า ห้าง คือร้านค้าขายปลีกขนาดใหญ่ซึ่งมีสินค้าหลากหลายประเภทแยกตามแผนก โดยไม่มีการขายผ่านตัวแทนจำหน่าย (ห้างเป็นผู้นำสินค้ามาขายเอง) ห้างสรรพสินค้ามักขายผลิตภัณฑ์ที่เกี่ยวกับเสื้อผ้า เครื่องเรือน เครื่องใช้ในบ้าน เครื่องใช้ไฟฟ้า รวมไปถึงสายผลิตภัณฑ์อื่น ๆ อย่างเช่น ฮาร์ดแวร์ สุขภัณฑ์ เครื่องสำอาง เครื่องเพชรพลอย เครื่องเขียน ของเล่น อุปกรณ์กีฬา เป็นต้น ห้างสรรพสินค้าบางแห่งอาจขายเฉพาะสินค้าลดราคา และมีพื้นที่ชำระเงินเป็นศูนย์กลาง ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่บริเวณด้านหน้าของห้าง ซึ่งจะไม่มี ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ หรืออาหารสด ขายห้างสรรพสินค้ามักเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มของร้านค้าย่อยที่อยู่ภายใต้บริษัทเดียวกันกับพื้นที่ใกล้เคียง

ห้างสร้างสรรพสินค้าแห่งแรกของประเทศไทย มีชื่อว่า "ห้างเซ็นเทล" หรือชื่อเต็มคือ "ไนติงเกล โอลิมปิค" เป็นห้างที่มีอายุยาวนานมาเกือบ 80 ปี และในทุกวันนี้ก็ยังให้บริการอยู่ เริ่มแรกห้างดังกล่าวได้ตั้งขึ้นอยู่บริเวณแยกพาหุรัด เริ่มเปิดกิจการเมื่อปี พ.ศ. 2473 ก่อตั้งโดยนายนัติ นิยมวานิช จากห้างเล็ก ๆ ที่ตั้งใกล้กับศาลาเฉลิมกรุง ก็ได้ขยับขยายจนกลายเป็น ห้างไนติงเกล-โอลิมปิค ซึ่งเปิดบริการอย่างเป็นทางการเมื่อวันที่ 5 สิงหาคม พ.ศ. 2509

ศูนย์การค้า (อังกฤษ: shopping center) คืออาคารหรือกลุ่มของอาคารที่มีการขายสินค้าและบริการแบบขายปลีกอยู่ในพื้นที่พัฒนาเดียวกัน โดยต้องมีพื้นที่เช่าสุทธิ (NLA) ไม่น้อยกว่าประมาณ 1,850 ตารางเมตร (20,000 ตารางฟุต) สำหรับการพัฒนาพื้นที่แบบมิกซ์ยูส จะไม่รวมเนื้อที่ของกิจการอื่นที่ไม่ใช่พื้นที่ค้าปลีก พื้นที่ศูนย์การค้าสามารถอยู่ในร่มภายใต้อาคารเดียวกันหรืออยู่กลางแจ้งที่มีพื้นที่ติดต่อกันแบบเปิดโล่งก็ได้ ผลิตภัณฑ์ที่ขายในศูนย์การค้าไม่ได้จัดแบ่งตามแผนกขึ้นอยู่กับตัวแทนจำหน่ายที่จะขอเช่าพื้นที่หรือล็อกที่ศูนย์การค้าได้จัดสรรไว้ให้ จึงสามารถเห็นภัตตาคารตั้งอยู่ข้างร้านหนังสือหรือร้านเครื่องดนตรีก็ได้ในศูนย์การค้า

ศูนย์การค้า หรือ ห้างสรรพสินค้า ตามความหมายของทางการไฟฟ้านครหลวง หมายถึง แหล่งรวมสินค้าเพื่อจำหน่าย มีร้านขายสินค้านานาชนิด มีสิ่งอำนวยความสะดวกต่างๆ ให้แก่ผุ้มาซื้อสินค้า เช่น ที่จอดรถ ร้านอาหาร (ไม่รวมถึง community mall, hypermarket)

ไฮเปอร์มารเก็ต หมายถึง สถานประกอบการค้าปลีกขนาดใหญ่ที่มีการรวมกันของซุเปอร์มาร์เก็ตและห้างสรรพสินค้า ถือว่าเป็นร้านค้าแบบครบวงจรสำหรับทุกความต้องการของลูกค้า ไฮเปอร์มาร์เก็ตโดยทั่วไปจะมีสินค้าทุกประเภทที่ต้องการใช้ในชีวิตประจำวัน โดยมีพื้นที่ที่ใช้เพื่อการค้าปลีก ค้าส่ง รวมถึงส่วนกิจกรรมสนับสนุนไม่น้อยกว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งอาคาร (ไม่รวมพื้นที่จอดรถ) และข้อมูลที่นำมาใช้ในการประเมินผลต้องเป็นข้อมูลของทั้งอาคารทุกพื้นที่ใช้สอย ศูนย์การค้ามีความแตกต่างจากห้างสรรพสินค้า กล่าวคือ ห้างสรรพสินค้าจะเป็นผู้ไปติดต่อผู้ผลิตหรือพ่อค้าคนกลางเพื่อนำสินค้ามาขายเอง ในขณะที่ศูนย์การค้าไม่ต้องไปหาผลิตภัณฑ์มาวางขาย แต่เปิดให้เช่าพื้นที่กับตัวแทนจำหน่ายจากธุรกิจอื่น และมีการทำสัญญาเก็บค่าเช่าตามระยะเวลาที่กำหนด

ในปัจจุบันมีสถานที่ซึ่งมีลักษณะเป็นทั้งศูนย์การค้าแต่มีห้างสรรพสินค้าตั้งอยู่ภายในในเวลาเดียวกัน โดยทั่วไปมักจะนับรวมทั้งอาคารเป็นศูนย์การค้าทั้งหมด

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ในประเทศไทย ได้จัดทำมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำร่วมกับการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและผังเมือง คณาจารย์ ภาครัฐอื่นๆ ภาคส่วนผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า ภาคส่วนผู้รับเหมาติดตั้งระบบไฟฟ้า และภาคส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มีส่วนหลักสำหรับการออกแบบ รายการคำนวณ ตามข้อกำหนดต่างๆ ทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง มีข้อกำหนดที่ใช้ออกแบบและคำนวณ สำหรับบริภัณฑ์ไฟฟ้าทั่วๆไปในบทที่ 3 และสำหรับอาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ ในบทที่ 9 โดยการเรียนทางวิศวกรรมไฟฟ้าจะมีการเรียนการสอนในส่วนการออกแบบและการคำนวณตามที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดเป็นอย่างน้อย ในส่วนของผู้ออกแบบ ก็ต้องนำเสนอการออกแบบระบบไฟฟ้าทั้งโครงการของอาคารห้างสรรพสินค้า ให้กับเจ้าของโครงการฯ และขอใช้มิเตอร์ไฟฟ้ากับทางการไฟฟ้าฯ ทั้งนี้ทางการไฟฟ้าฯ ก็ต้องมีการตระเตรียมอุปกรณ์และปริมาณไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งานของผู้ใช้ไฟรายต่างๆ ดังนั้นการออกแบบที่มีการเผื่อโหลดการใช้งานที่มากเกินไป ก็จะมีผลโดยตรงกับเจ้าของโครงการฯ ที่ต้องลงทุนสูง เพื่อเผื่อการใช้กระแสไฟฟ้าและสายป้อนให้สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า และในส่วนของการไฟฟ้าฯ ก็ต้องเผื่อการใช้กระแสไฟฟ้าในอนาคต หรือสำหรับโครงการอื่นๆ หรือส่วนอื่นๆที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ก็จะเกิดเป็นลูกโซ่การลงทุนที่สูงเกินของทุกภาคส่วน และหากมีการออกแบบที่พอดี ก็จะมีการลงทุนที่เหมาะสมคุ้มค่าเงินลงทุน ซึ่งเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยากมาก หรือ การออกแบบที่ไม่เผื่อ หรือ เผื่อไม่เพียงพอก็จะเกิดความเสียหายที่ต้องมีการลงทุนเพิ่มเติม และปัญหาอื่นๆ อีกมากมายตามมาภายหลัง สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้าในห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า จะมีหลักการออกแบบที่เหมือนกัน โดยจะถือเป็นอาคารขนาดใหญ่ หรือ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จะสามารถเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า การบำรุงรักษาและการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้าได้ทั้งในกลุ่มของห้างสรรพสินค้าและศูนย์การค้า ในการวิจัยนี้จึงขอเรียกเป็นห้างสรรพสินค้า เพื่อให้เป็นไปในแนวทางเดียวกันของงานวิจัย

การวิจัยศึกษาเรื่อง ระบบไฟฟ้าที่เรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อประโยชน์สูงสุดของห้างสรรพสินค้า ประเทศไทย มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า ของ วสท. ที่ได้ออกมาใช้งานสำหรับการออกแบบอาคารห้างสรรพสินค้า ได้ใช้มานานกว่า 30 ปี และยังไม่มีการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าที่ออกแบบตามมาตรฐานฯนั้นเหมาะสม หรือ มากเกิน หรือ น้อยเกินไปทั้งนี้ผู้วิจัยมองว่าการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ใน ประเทศไทย ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการสำรวจและประเมินการใช้พลังงานโดยรวมตามหลักการทางสถิติ ที่สามารถใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเชื่อถือได้

ให้เป็นเสมือนตัวแทนของประชากรอาคารห้างสรรพสินค้าทั้งหมดในประเทศไทย โดยการเก็บข้อมูล ประเมินผลและวิเคราะห์ว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ใน ประเทศไทย นั้นมีปริมาณการใช้พลังงานเป็นสัดส่วนเท่าใด ของการออกแบบและการเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าโดยเลือกเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างอาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทยที่มีอัตราความหนาแน่นของประชากร ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และปัจจัยความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค เช่น ใกล้ทางด่วน ใกล้ถนนสายหลัก ใกล้รถไฟฟ้า ใกล้รถประจำทาง เป็นต้น โดยได้เลือกอาคารห้างสรรพสินค้าที่อยู่พื้นที่กรุงเทพมหานครชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก หรือในเมืองใหญ่ๆ ในแต่ละจังหวัดที่เข้าข่ายพื้นที่ที่มีอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ข้อมูลได้ประสิทธิภาพในส่วนของจำนวนผู้พักอาศัยและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมถึงช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลที่มีการใช้พลังงานโดยรวมในเกณฑ์การใช้ที่งานสูง โดยอาคารห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้าที่เป็นอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษนั้น มีแนวทางการออกแบบตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าเหมือนกัน

ผลการวิจัยการประเมินฯ ครั้งนี้นั้น น่าจะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยหาแนวทางในการบริหารจัดการและการปรับหลักเกณฑ์ในการออกแบบ การติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้า การบำรุงรักษา การบริหารจัดการเรื่องพลังงานไฟฟ้า โดยใช้หลักการปรับปรุงระบบไฟฟ้าที่เรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อประโยชน์สูงสุดของอาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทย มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ เพื่อให้เกิดการใช้งานที่ปลอดภัย ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยการบริหารจัดการโดยลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างอาคารขนาดใหญ่ หรือ อาคารขนาดใหญ่พิเศษที่กำลังจะก่อสร้าง หรือที่กำลังออกแบบด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเก็บข้อมูล ประเมินผลและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าตามหลักการทางสถิติ ในประเทศไทย

2. เพื่อบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ ตามหลักการทางวิศวกรรม

3. เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า ที่เรียนรู้จากประสบการณ์เพื่อประโยชน์สูงสุดของประเทศไทย มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ

1.3 ความสำคัญของการวิจัย

1. การเก็บข้อมูล การประเมินผลและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมตามหลักการทางสถิติซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าที่จะช่วยสะท้อนความเหมาะสมของการออกแบบตามหลักเกณฑ์ของมาตรฐานฯ ที่ใช้มานานมากกว่า 30 ปี ซึ่งเป็นไปตามหลักการทางการศึกษาและงานวิจัย

2. ผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้พลังงานสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย ตามหลักการทางวิศวกรรม

3. การทราบผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม ผนวกกับหลักการบริหารจัดการและหลักการทางวิศวกรรม ถือเป็นการประยุกต์ปรับใช้มาตรฐานที่มีอยู่ให้เกิดมาตรฐานใหม่ๆ ที่มีคุณค่าอย่างยิ่ง ด้วยการเรียนและปฏิบัติ เพื่อปรับปรุงมาตรฐานให้เหมาะสมมากยิ่งขึ้น เพื่อหาแนวทางการออกแบบการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีความปลอดภัย ความเชื่อถือ ความมีเสถียรภาพ ความมั่นคงตามหลักการทางวิศวกรรม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

1.4 กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับงานวิจัย ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ เนื่องจากในกรุงเทพมหานครและตามเมืองใหญ่ๆ เป็นพื้นที่ที่มีอัตราความหนาแน่นของประชากรสูงของแต่ละพื้นที่ในประเทศไทย ตามอัตราความเจริญที่เกิดขึ้นในเมืองหลวงและเมืองที่เจริญของทุกพื้นที่ในประเทศ ดังนั้นอาคารห้างสรรพสินค้า ที่ถือเป็นพื้นที่ที่มีอัตราการเกิดขึ้นของอาคารห้างสรรพสินค้าจำนวนมาก และมีอัตราการอยู่อาศัยที่หนาแน่นสูง ซึ่งอาคารห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานครและตามจังหวัดต่างๆ ของประเทศไทย การออกแบบอาคารห้างสรรพสินค้า หรือคอนโดมีเนียม ก็ต้องออกแบบตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยการออกแบบระบบไฟฟ้าดังกล่าวของอาคารห้างสรรพสินค้า ต้องส่งให้ทางการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ทำการอนุมัติก่อนการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคารห้างสรรพสินค้า เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความปลอดภัย ที่ถือว่าเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ และตามข้อกำหนดของทางการไฟฟ้าฯ

ทั้งนี้การขออนุญาตเพื่อก่อสร้างอาคารห้างสรรพสินค้า หรือสถานพยาบาล หรือ คอนโด หรือ สถานพยาบาล การออกแบบอาคารให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมาย ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) การวางระบบด้านความปลอดภัยต่างๆ มาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้ามาตรฐานของระบบการดับเพลิง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบการจราจร การรักษาความสะอาดและสิ่งแวดล้อมที่อาจมีผลกระทบในมิติต่างๆ ซึ่งเจ้าของโครงการก่อสร้างอาคารห้างสรรพสินค้า หรือคอนโด ที่เป็นอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษจะต้องให้ความสำคัญและปฏิบัติตามอย่างเคร่ง การขออนุญาตก่อสร้างอาคารห้างสรรพสินค้า ที่เป็นอาคารสูง เกิน 23 เมตร หรือ มากกว่า 7 ชั้น หรือเป็นอาคารขนาดใหญ่ หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ ที่จำเป็นจะต้องไปจดทะเบียนหรือขึ้นทะเบียนตามที่กฎหมายกำหนดไว้อย่างถูกต้อง

ในการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครและหัวเมืองต่างๆ โดยกลุ่มผู้ประกอบการการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ที่เห็นโอกาสความต้องการที่อยู่อาศัยของคนเมือง จึงมีการลงทุนและก่อสร้างในเขตพื้นที่ที่มีความเจริญ เช่น แนวรถไฟฟ้า แนวถนนใหญ่ แนวรถประจำทาง แนวถนนตัดใหม่ ย่านธุรกิจ ย่ายใจกลางเมือง เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีอาคารห้างสรรพสินค้าที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่ในเขตชั้นใน และเขตชั้นกลางของแต่ละหัวเมืองใหญ่ๆ ในประเทศไทย

อาคารห้างสรรพสินค้านั้นที่อยู่ในทำเลที่ดี สะดวกต่อการเดินทาง ก็จะเป็นอาคารห้างสรรพสินค้าแบบอาคารขนาดใหญ่เป็นหลักๆ มีแนวทางการออกแบบตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันตรงที่อาคารขนาดใหญ่ การออกแบบจะขึ้นกับผู้ออกแบบและเจ้าของอาคารห้างสรรพสินค้า แต่กรณีอาคารชุดจะมีข้อกำหนดรายการคำนวณค่อนข้างชัดเจนเป็นหลักเกณฑ์ที่ทางการไฟฟ้าที่ให้การอนุมัติ โดยการทางไฟฟ้าจะใช้ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าในส่วนของอาคารชุด

สำหรับการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า ซึ่งพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารห้างสรรพสินค้า นั้นต้องเริ่มต้นโดยมีรายการคำนวนในส่วนวงจรย่อยของในแต่ละส่วนบริเวณ แต่ละชั้น รวมถึงโหลดหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าของส่วนกลางที่มีการใช้งานร่วมกันของอาคารห้างสรรพสินค้า เช่น ลิฟท์ ปั๊มน้ำ แสงสว่าง เครื่องปรับอากาศส่วนกลาง เป็นต้น เพื่อนำมาคำนวณและออกแบบ เลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้กับอาคารห้างสรรพสินค้า

ในส่วนการวิเคราะห์ และประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า เพื่อแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนหรือปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมเทียบกับที่ออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า นั้นมีความใกล้เคียงหรือแตกต่างกัน โดยจะเน้นในช่วงเวลาที่มีการใช้บริการอย่างมาก เช่น ทุกวันเสาร์ หรือวันอาทิตย์ เวลาช่วง 11.00 -20.00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่มีผู้เข้าใช้บริการเป็นส่วนใหญ่ เพื่อมาผักผ่อนในวันหยุดประจำสัปดาห์ ดังนั้นการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมจึงถือเป็นเรื่องสำคัญในการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้เป็นต้นแบบสำหรับการเรียนรู้ผนวกกับการปฏิบัติใช้จริง วนลูปแบบ PDCA: Plan – Do – Check – Ack เพื่อนำมากำหนดมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าแบบเรียนและปฏิบัติ เพื่อสร้างมาตรฐานฯ แบบอย่างที่ได้มาตรฐาน เหมาะสมลงตัวที่สุดสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า ในมุมมองของผู้เชี่ยวชาญตามหลักการทางวิศวกรรมอย่างแท้จริง

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง (sample) ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่

1.1 อาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทย

1.2 อาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า > 1,000 kVA หรือ > 12kV 3 Phase ตามข้อกำหนด พระราชบัญญัติสภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

2. พื้นที่การวิจัย ได้แก่ ประเทศไทย

3. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และประเมินผล มีดังนี้

3.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลวันเสาร์ หรือ วันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 11.00 -20.00 น. หรือ ช่วงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงๆ

3.2 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล 15 กุมภาพันธ์ 2563 – 31 กรกฤาคม 2565

3.3 การทวนสอบผลการเก็บข้อมูล เพื่อตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล 16 มิถุนายน 2565 – 30 มิถุนายน 2565

3.4 ระยะเวลาในการวิจัย 1 มกราคม 2563 – 31 สิงหาคม 2565

1.6 สมมติฐานของการวิจัย

1. การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าในระเทศไทยตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ที่มีใช้มาอย่างยาวนานกว่าหลายสิบปี นับตั้งแต่ปี 2538 ถึงปัจจุบัน ห้างสร้างสรรพสินค้าแห่งแรกของประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2473 มีชื่อว่า "ห้างเซ็นเทล" หรือชื่อเต็มคือ "ไนติงเกล โอลิมปิค" เป็นห้างที่มีอายุยาวนานมาเกือบ 80 ปี และในทุกวันนี้ก็ยังให้บริการอยู่ เริ่มแรกห้างดังกล่าวได้ตั้งขึ้นอยู่บริเวณแยกพาหุรัด เริ่มเปิดกิจการเมื่อปี พ.ศ. 2473 การวิจัยครั้งนี้ได้มีการเก็บข้อมูลการประเมินผลและการวิเคราะห์ผลตามหลักการทางสถิติ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับที่ได้ทำการออกแบบไว้ในเบื้องต้น หากมีความเหมาะสมก็เป็นเรื่องที่ดี แต่ถ้ามีการใช้งานจริงที่น้อยกว่าที่ออกแบบ ก็จะมีผลทำให้ไม่ปลอดภัย มีการลงทุนทั้งส่วนเริ่มต้นและค่าดำเนินการที่สูง ไม่ได้ความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

2. การบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า เป็นเรื่องสำคัญสำหรับผู้ประกอบกิจการ การไฟฟ้า แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่ต้องมีการลงทุนด้านการสร้างหรือผลิตพลังงานไฟฟ้าขึ้นอย่างมากมาย เพื่อตอบรับความต้องการหลอกๆ ดังนั้นความต้องการที่ไม่ตรงกับความจริง อาจจะทำให้เกิดการลงทุนที่ผิดพลาด ดังนั้นการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นเรื่องที่สำคัญต่อการวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศ

3. มาตรฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้า เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้า ต้องมีการศึกษาตัวแปรต้น ตัวแปรตาม พิจารณาข้อกำหนดต่างๆที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมถือเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบและมาตรฐานที่นำมาใช้ การเรียนรู้จากการปฏิบัติใช้งาน

จริง และนำประสบการณ์เหล่านั้นมาทบทวน จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับการทำงานจริงในทุกมิติ โดยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรงจะให้มุมมอง แง่คิดในทุกๆมิติ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในกลุ่มห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทย และใช้เป็นต้นแบบสำหรับนานาประเทศ

1.7 นิยามศัพท์เฉพาะ

1. อาคารห้างสรรพสินค้า (condominium) หมายถึง อาคารที่บุคคลสามารถแยกการถือกรรมสิทธิ์ออกได้เป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนประกอบด้วยกรรมสิทธิ์ในทรัพย์ส่วนบุคคล และกรรมสิทธิ์ร่วมในทรัพย์ส่วนกลาง, คอนโดมิเนียม

2. พลังงานไฟฟ้า เป็นพลังงานรูปหนึ่งที่สามารถทำงานได้ และมีความสำคัญมากเพราะนำมาใช้กับบริภัณฑ์ไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่อำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิต เราใช้ประโยชน์จากกระแสไฟฟ้า ที่ผลิตขึ้นให้ต่อเข้าเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยต่อสายไฟระหว่างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไปยังเครื่องใช้ไฟฟ้า เช่น พัดลม โทรทัศน์ วิทยุ เตารีด เมื่อเปิดสวิตช์แล้วเครื่องใช้ไฟฟ้าจะทำงานโดยเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานรูปอื่น เช่น พลังงานแสง พลังงานเสียง พลังงานกล

3. อาคารขนาดใหญ่ คือ อาคารที่มีพื้นที่รวมกันทุกชั้น หรือชั้นใดชั้นหนึ่งตั้งแต่ 2,000 ตารางเมตรขึ้นไป หรืออาคารที่มีความสูงเกิน 15 เมตร และมีพื้นที่รวมกันทุกหรือชั้นใดชั้นหนึ่ง เกิน 1,000 ตารางเมตร

4. อาคารขนาดใหญ่พิเศษ หมายความว่า อาคารที่ก่อสร้างขึ้นเพื่อใช้อาคารหรือส่วนหนึงส่วนใดของอาคารเป็นที่อยู่ อาศัยหรือประกอบกิจการประเภทเดียวหรือหลายประเภทโดยมีพื้นที่รวมกันทุกชั้นหรือชั้นหนึ่งชั้นใดในหลังเดียวกันตังแต่ 10,000 ตารางเมตรขึ้นไป

5. การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบแปลน หรือวิธีการจ่ายกำลังไฟฟ้าจากจุดจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆ หรือจ่ายสัญญาณไฟฟ้า ไปจุดรับสัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์การใช้งาน การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวางต้องการข้อมูลมากมาย ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องเป็นผู้ใฝ่รู้ สนใจในวิชาการต่างๆ

6. เศรษฐศาสตร์ หมายถึง เศรษฐศาสตร์มุ่งศึกษาพฤติกรรมและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแสดงทางเศรษฐกิจและการทำงานของเศรษฐกิจ เศรษฐศาสตร์จุลภาควิเคราะห์องค์ประกอบหลักในระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งตัวแสดงและตลาดที่เป็นปัจเจกบุคคล การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน และผลลัพธ์ของปฏิสัมพันธ์นั้น ตัวอย่างของตัวแสดงที่เป็นปัจเจกรวมถึงครัวเรือน ภาคธุรกิจ ผู้ซื้อ และผู้ขาย เศรษฐศาสตร์มหภาควิเคราะห์เศรษฐกิจในภาพรวม (หมายถึงการผลิตมวลรวม การบริโภค การออม และการลงทุน) และปัญหาที่กระทบมัน รวมทั้งการไม่ได้ใช้ของทรัพยากรต่างๆ (แรงงาน, ทุน, และที่ดิน) เงินเฟ้อ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และนโยบายสาธารณะที่จัดการปัญหาเหล่านั้น (การเงิน การคลัง และนโยบายอื่นๆ) การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมตามหลักการทางสถิติ

เมื่อได้ข้อมูลทางสถิติแล้วนำมาวิเคราะห์ เพื่อบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งยังหาแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าให้เหมาะสม ปลอดภัย เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

พหูน ปญ ฑิโต ชีเว

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ศึกษาจากเอกสารต่างๆ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

2.1 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า
2.3 การติดตั้งระบบไฟฟ้า
2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า
2.5 ช่างไฟฟ้า และวิศวกรไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ
2.6 ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 อย่างมืออาชีพ
2.7 การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า
2.8 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศ
2.9 การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ
2.10 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ
2.11 การวิเคราะห์โครงการ : มุมมองทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์
2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย (2564) ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ เป็นฉบับล่าสุด ที่ก่อนหน้าเคยใช้แล้วมากกว่า 20 ปี ที่มีการจัดทำมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2538 และก่อนหน้านี้อีกหลายฉบับ ซึ่งได้รับการตอบรับและเป็นที่ยอมรับของหน่วยงานการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) รวมทั้งหน่วยงานราชการ รัฐวิสาหกิจ และเอกชนโดยทั่วไปเป็นอย่างดียิ่ง

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ได้รวบรวมประเด็นข้อผิดพลาดและข้อสงสัยต่อการใช้งานมาตรฐาน เพื่อนำมาปรับปรุงมาตรฐานให้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และทันสมัย โดยคณะกรรมการปรับปรุงซึ่งประกอบด้วยตัวแทนจากการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและ

ผังเมือง สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย และผู้ทรงคุณวุฒิในสายงานที่เกี่ยวข้องจนได้เป็นฉบับปรับปรุงครั้งนี้ ในปี พ.ศ. 2564

โดยมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นหลักสำคัญ ดังนี้

1. ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย

การคำนวณโหลด วิธีการเลือกขนาดตัวนำและอุปกรณ์ป้องกัน โดยพิจารณาความปลอดภัยขั้นต่ำเป็นเกณฑ์ กรณีที่ต้องการออกแบบให้รองรับการขยายตัวของโหลดในอนาคตให้มีการพิจารณาจากเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.1 วงจรย่อย

1.1.1 ขอบเขต

ให้ใช้กับวงจรย่อยสำหรับไฟฟ้าแสงสว่าง เต้ารับ หรือเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือทั้งไฟฟ้าแสงสว่าง เต้ารับและเครื่องใช้ไฟฟ้ารวมกัน ยกเว้นวงจรย่อยสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้า

1.1.2 ขนาดพิกัดวงจรย่อย

1.1.3 ขนาดตัวนำของวงจรย่อย

1.1.4 การป้องกันกระแสเกิน

1.1.5 โหลดสำหรับวงจรย่อย

1.1.6 การคำนวณโหลดสำหรับวงจรย่อย

1.2 สายป้อน

1.2.1 ขนาดตัวนำของสายป้อน

1.2.2 การป้องกันกระแสเกิน

1.2.3 การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อน

1.2.4 ขนาดตัวนำนิวทรัล (Neutral)

1.3 การป้องกันกระแสเกินสำหรับวงจรย่อยและสายป้อน

วงจรย่อยและสายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และเครื่องป้องกันกระแสเกิน ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมสำหรับดวงโคมหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมเหล่านี้ จะใช้แทนเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยไม่ได้และไม่จำเป็นต้องเข้าถึงได้ทันที

1.4 ตัวนำประธาน (Service Conductor)

ตัวนำประธานต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้ และตัวนำประธานที่จ่ายไฟฟ้า ให้กับอาคารหลังหนึ่งๆ หรือผู้ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งต้องมีชุดเดียว

ตอน ก. สำหรับระบบแรงต่ำ

1.4.1 ตัวนำประธานอากาศสำหรับระบบแรงต่ำ

1.4.2 ตัวนำประธานใต้ดินสำหรับระบบแรงต่ำ

1.5 บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

ตอน ก. สำหรับระบบแรงต่ำ

ตารางที่ 1 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัด กฟน.

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

หมายเหตุ พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ประเภทที่ปรับค่าพิกัดได้ ให้ใช้ค่าสูงสุดเป็นเกณฑ์) มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้

ตารางที่ 2 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	16	20	16	16
15 (45)	25	10	60	50	-	-	50
30 (100)	50	35	100	100	-	-	100

หมายเหตุ 1.สำหรับตัวนำประธานภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง

2.ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศบนวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากวิธีการเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประธานในบทที่ 5 แต่ทั้งนี้ขนาดตัวนำประธานต้องรับกระแสได้ไม่น้อยกว่าขนาดปรับตั้งค่าสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินตามตาราง

2. ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ (บทที่ 5 ตามมาตรฐานการติดตั้งฯ)

ข้อกำหนดในบทนี้เกี่ยวกับการเดินสายในระบบแรงต่ำ แรงสูงวิธีการเดินสายแบบต่างๆ และขนาดกระแสของสายสำหรับวิธีการเดินสายต่างๆ รวมถึงกล่องสำหรับงานไฟฟ้า แผงสวิตช์ แผงย่อยและสายไฟฟ้า

2.1 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงต่ำ

2.1.1 ขอบเขต ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมการเดินสายทั้งหมด ยกเว้นการเดินสายที่เป็นส่วนประกอบภายในของบริภัณฑ์ไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ แผงควบคุมและแผงสวิตช์ต่างๆ ซึ่งประกอบสำเร็จรูปจากโรงงาน

2.1.2 การเดินสายไฟของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน

2.1.3 การป้องกันความเสียหายทางกายภาพของสายไฟ

2.1.4 การติดตั้งใต้ดิน

3. อาคารห้างสรรพสินค้าฯ อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ

ข้อกำหนดในบทนี้เกี่ยวกับการออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคารห้างสรรพสินค้าฯอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ

อาคารห้างสรรพสินค้า

3.1 ทั่วไป ให้ใช้กับอาคารห้างสรรพสินค้าทุกประเภท ภายใต้ พ.ร.บ.อาคารห้างสรรพสินค้าฯ พ.ศ.2522 หรือที่จะแก้ไขเพิ่มเติมต่อไป ซึ่งกฎหมายรับรองกรรมสิทธิ์ในแต่ละห้องชุด

3.2 การคำนวณโหลดให้แบ่งการคำนวณโหลดออกเป็น 2 ส่วน คือ โหลดส่วนกลาง และโหลดห้องชุดหรือโหลดแต่ละส่วนของอาคารห้างสรรพสินค้า ซึ่งโหลดที่คำนวณได้ต้องไม่ต่ำกว่าที่กำหนด ดังต่อไปนี้

3.2.1 โหลดส่วนกลาง หมายถึง ไฟฟ้าที่ใช้สำหรับระบบไฟฟ้าส่วนกลางทั้งหมด เช่น แสงสว่างห้องโถง ทางเดิน ลิฟต์ เครื่องสูบน้ำ ระบบไฟฉุกเฉิน เป็นต้น โดยขนาดความต้องการใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณจากโหลดที่ติดตั้ง อนุญาตให้ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ที่หรือมาตรฐานอื่นที่การไฟฟ้าฯ ยอมรับ ในการคำนวณหาขนาดตัวนำประธาน สายป้อน และหม้อแปลงไฟฟ้าได้

3.2.2 โหลดห้องชุดประเภทอยู่อาศัย หรือ เป็นพื้นที่ให้เช่าของแต่ละส่วนของห้างสรรพสินค้า โดยขนาดความต้องการใช้ไฟฟ้าของห้องชุดหรือของแต่ละส่วนให้คำนวณจากขนาดพื้น ที่ในห้องชุด ไม่รวมพื้นที่เฉลียง และห้ามใช้ดีมานด์แฟกเตอร์

3.3 เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด

3.4 การป้องกันกระแสเกินของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

3.2.4.1 เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำต้องติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านไฟเข้าเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าทุกเครื่อง พิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของขนาดกระแสที่คำนวณจากขนาดพื้นที่ห้องตามข้อ 1.2 หากขนาดที่คำนวณได้ไม่ใช่ขนาดมาตรฐานของผู้ผลิตให้ใช้ขนาดใกล้เคียงที่สูงขึ้นถัดไปแต่ต้องมีขนาดไม่สูงกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 หรือ 2

ตารางที่ 3 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง ตาราง เมตร	โหลดสูงสุด ของ เครื่องวัดฯ (A)	ขนาดเครื่องวัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	55	30	15 (45) A 1P
		150	75	30 (100) A 1P
		180	100	50 (150) A 1P
		180	30	15 (45) A 3P
		483	75	30 (100) A 3P
		666	100	50 (150) A 3P
		1,400	200	200 A 3P
		2,866	400	400 A 3P
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	35	10	5 (15) A 1P
		180	30	15 (45) A 1P
		525	75	30 (100) A 1P
		800	100	50 (150) A 1P
		690	30	15 (45) A 3P
		2,475	75	30 (100) A 3P
		3,000	100	50 (150) A 3P
		6,300	200	200 A 3P
		12,900	400	400 A 3P

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

ตารางที่ 4 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง ตาราง เมตร	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน(A)	ขนาดเครื่องวัดฯ จานหมุน	ขนาดเครื่องวัดอิเล็กทรอนิกส์
1	ไม่มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	55	50	15 (45) A 1P	5 (100) A 1P
		150	100	30 (100) A 1P	
		180	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		483	100	30 (100) A 3P	
		666	125	-	200 A 3P (ประกอบ CT แรงต่ำ)
		1,400	200	-	
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	35	16	5 (15) A 1P	5 (100) A 1P
		180	50	15 (45) A 1P	
		525	100	30 (100) A 1P	
		690	50	15 (45) A 3P	5 (100) A 3P
		2,475	80	30 (100) A 3P	
		3,000	125	-	200 A 3P (ประกอบ CT แรงต่ำ)
		6,300	200	-	

3.5 ตัวนำประธานเข้าห้องชุด

3.5.1 ขนาด

3.5.2 ตัวนำเฟสตัวนำประธานเข้าห้องชุดต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามข้อ 9.1.6 และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 6 ตร.มม.

3.5.3 ตัวนำนิวทรัลขนาดตัวนำนิวทรัลต้องเป็นไปตามที่กำหนดในข้อ 1.2.4 และห้ามแต่ละห้องชุดใช้ตัวนำนิวทรัลร่วมกัน

3.6 บริภัณฑ์ประธาน

ต้องมีการติดตั้งบริภัณฑ์ประธานที่แต่ละห้องชุด พิกัดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกินที่บริภัณฑ์ประธานต้องไม่เกินพิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามข้อ 3.4

3.7 สายป้อน (จากแผงสวิตช์รวมไปถึงแผงสวิตช์ของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด)

3.7.1 โหลดสำหรับสายป้อนห้องชุด ให้คำนวณจากผลรวมของโหลดในห้องชุด ตามข้อ 3.2 และใช้ค่าโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ (Co-incidence Factor) เพื่อคำนวณลดขนาดสายป้อนได้

3.8 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลง

3.8.1 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลงต้องเป็นไปตามที่กำหนด ห้ามติดตั้งหม้อแปลงชนิดฉนวนติดไฟได้หรือ หม้อแปลงชนิดฉนวนติดไฟยาก ภายในอาคาร ใต้อาคารบนดาดฟ้าหรือบนส่วนยื่นของอาคาร

3.8.2 ขนาดของหม้อแปลงเมื่อไม่ใช้พัดลมเป่า (Forced Air Cooled) ต้องไม่เล็กกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้

3.8.3 หม้อแปลงสำหรับจ่ายไฟส่วนของห้องชุด

3.9 แผงสวิตช์แรงต่ำ (จากหม้อแปลงถึงเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด)

3.9.1 แผงสวิตช์แรงต่ำต้องเป็นไปตามระดับการป้องกันของตู้แผงสวิตช์แรงต่ำต้องไม่ต่ำกว่า IP 31 และโครงสร้างของแผงสวิตช์แรงต่ำต้องสามารถรับแรงที่เกิดจากกระแสลัดวงจรได้

3.9.2 เครื่องป้องกันกระแสเกิน ต้องเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถตัดกระแสลัดวงจรสูงสุดที่อาจเกิดขึ้น ณ จุดนั้นได้โดยคุณสมบัติยัง คงเดิม และต้องไม่ต่ำกว่า 10 กิโลแอมแปร์

3.9.3 เครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของผลรวมของโหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 3.7.1

3.9.4 เครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อนไฟฟ้าส่วนกลาง อนุญาตให้มีได้ไม่เกิน 1 ตัวสำหรับหม้อแปลงแต่ละลูก และต้องสามารถล็อกกุญแจได้ในตำแหน่งปลด

ยกเว้น วงจรที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอัคคีภัย และวงจรช่วยชีวิต

3.9.5 เครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำของหม้อแปลง ต้องมีพิกัดกระแสไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของผลรวมของโหลดที่คำนวณได้ตามข้อ 3.2 และอนุญาตให้ใช้ค่าโคอินซิเดนต์แฟกเตอร์ ได้

คำอธิบาย ขนาดปรับตั้งของเซอร์กิตเบรกเกอร์ แนะนำให้ใช้ค่าไม่เกินร้อยละ 125 ของกระแสด้านแรงต่ำของหม้อแปลง

3.10 ตัวนำประธานแรงต่ำจากหม้อแปลงไปยังแผงสวิตช์รวมตัวนำประธานแรงต่ำจากหม้อแปลงไปยังแผงสวิตช์รวมต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามข้อ 3.9.5 สำหรับขนาดตัวนำนิวทรัลต้องเป็นไปตามข้อ 3.2.4

4. อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ เป็นอาคารชุด หรือสถานที่เฉพาะต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของอาคารดังกล่าวด้วย

4.1 ทั่วไป

4.1.1 ข้อกำหนดนี้ให้ใช้เป็นข้อกำหนดเพิ่มเติมจากที่ได้กล่าวไว้แล้วในตอนต้น

4.1.2 ข้อกำหนดนี้ไม่บังคับใช้กับโรงงานอุตสาหกรรม

4.2.2 วิธีการเดินสาย

ให้ใช้ข้อกำหนดการเดินสายในบทที่ 5 สำหรับสายที่เดินภายในอาคารห้ามใช้วิธีเดินสายบนผิว เดินเปิดหรือเดินลอยบนวัสดุฉนวน ในช่องเดินสายอโลหะ และในรางเคเบิล

4.2.3 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลง

หม้อแปลงและห้องหม้อแปลงต้องเป็นไปตามที่กำหนด หากติดตั้งภายในอาคารต้องเป็นชนิดแห้งหรือฉนวนไม่ติดไฟ ติดตั้งอยู่ในเครื่องห่อหุ้มที่มีระดับการป้องกัน ไม่ต่ำกว่า IP 21 และฉนวนต้องไม่เป็นพิษต่อบุคคลและสิ่งแวดล้อม

ห้ามติดตั้งหม้อแปลงชนิดฉนวนติดไฟได้ หรือ หม้อแปลงชนิดฉนวนติดไฟยากภายในอาคาร ใต้อาคาร บนดาดฟ้า หรือบนส่วนยื่นของอาคาร

4.2.4 แผงสวิตช์แรงสูง (ตามมาตรฐานบริภัณฑ์นี้จะถือเป็นแรงดันปานกลาง) แผงสวิตช์แรงสูงต้องเป็นไปตามที่กำหนด และเพิ่มเติมดังนี้

4.2.4.1 เครื่องป้องกันกระแสเกินแรงสูง ถ้าใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องเป็นชนิดฉนวนไม่ติดไฟ หากใช้ชุดฟิวส์กำลัง ต้องใช้ประกอบกับสวิตช์สำหรับตัดโหลด พิกัดกระแสของเครื่องป้องกันกระแสเกิน

4.2.4.2 ระดับการป้องกันของเครื่องห่อหุ้มต้องไม่ต่ำกว่า IP 31

4.2.5 การต่อลงดิน ต้องมีการต่อลงดินตามที่กำหนดในบทที่ 4 และเพิ่มเติมดังนี้

4.2.5.1 การต่อตัวนำเข้ากับหลักดินให้ใช้วิธีการต่อเชื่อมด้วยความร้อน

4.2.5.2 การตอกฝังหลักดินลงในพื้นดิน ตำแหน่งของหลักดินจะต้องอยู่ห่างจากผนัง กำแพงหรือฐานรากของอาคารในรัศมีไม่น้อยกว่า 0.60 เมตร และปลายบนของหลักดินจะต้องอยู่ต่ำจากผิวดินไม่น้อยกว่า 0.30 เมตร

4.2.5.3 การต่อลงดินต้องจัดทำจุดทดสอบ สำหรับใช้วัดค่าความต้านทานของหลักดินกับดิน และจุดทดสอบนี้ต้องเข้าถึงได้โดยสะดวก

4.2.6 การป้องกันไฟดูด ต้องมีการการป้องกันไฟดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วให้ใช้ข้อกำหนด

2.2 การออกแบบระบบไฟฟ้า

การออกแบบระบบไฟฟ้า [1]

1. การวางแผนการออกแบบระบบไฟฟ้า ในงานออกแบบระบบไฟฟ้ามีองค์ประกอบหลายอย่างที่เราจะต้องนำมาพิจารณาในแต่ละโครงการ ซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของโครงการนั้นๆ แต่ก็มีงานในหลายส่วนที่เป็นขั้นตอนร่วมที่คล้ายคลึงกันสำหรับงานออกแบบทุกโครงการ ซึ่งส่วนมากก็จะเป็นงานที่ต้องติดต่อกับผู้ออกแบบในสาขาต่างๆ

2. ขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังอาจแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 ศึกษาแบบทางด้านสถาปัตยกรรมอย่างละเอียด เช่น

2.1.2 จำนวนชั้น ความสูงของแต่ละชั้น และความสูงทั้งหมด

2.1.3 การใช้งานส่วนต่างๆ ของอาคาร เช่น สำนักงาน ห้องพัก ทางเดิน ฯลฯ

2.1.4 แบบฝ้า เป็นฝ้าแบบ T-BAR หรือ ฝ้าเรียบ

2.1.5 ห้องที่ใช้เป็นห้องไฟฟ้า

2.1.6 บริเวณที่เหมาะที่จะเป็นช่องเดินสายไฟฟ้า (Electrical Shaft) เป็นต้น

2.2 ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างตามความต้องการการใช้งานส่วนต่างๆ ของอาคาร เช่น ห้องทำงานต้องการความสว่าง 500 lux เป็นต้น และเลือกชนิดของดวงโคมตามความเหมาะสม

2.3 ให้ตำแหน่งดวงโคมตามแบบดวงโคมและจำนวนที่ได้จาก Lighting Design ลงแปลน

2.4 ให้ตำแหน่งเต้ารับตามความเหมาะสม ที่วางตามเสาหรือตามผนังบนแปลนพื้น

2.5 ให้ตำแหน่งและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากเจ้าของโครงการหรือตามการผลิต

2.6 กำหนดตำแหน่งของแผงจ่ายไฟฟ้าที่จะจ่ายไฟฟ้าให้โหลดเหล่านี้

2.7 ออกแบบวงจรย่อยสำหรับโหลดต่างๆ ให้ครบ โดยต้องคำนึงว่าแผงจ่ายไฟฟ้ามีวงจรย่อยสูงสุด 42 วงจร และวงจรใช้งานไม่ควรเกิน 32 วงจร ส่วนที่เหลือเป็นวงจรย่อยสำรองและวงจรย่อยว่าง ถ้าวงจรใช้งานมีมากกว่า 32 วงจร หรือ อาคารใหญ่มากหรือยาวมาก ควรเพิ่มจำนวนแผงจ่ายไฟฟ้า

2.8 ทำ Load Schedule ของแผงจ่ายไฟฟ้าให้ครบทุกแผง

2.9 ถ้ามีแผงจ่ายไฟฟ้าหลายแผงอยู่ใกล้กัน แผงเหล่านี้อาจได้ไฟฟ้าจากแผงสวิตช์จ่ายไฟ (Distribution Board: DB)

2.10 ทำ Feeder Schedule ของแผง DB

2.11 รวบรวมโหลดของระบบอื่นๆ ที่ใช้ไฟฟ้าจากวิศวกรสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น

2.11.1 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ

2.11.2 ระบบสุขาภิบาล

2.11.3 ระบบลิฟต์ เป็นต้น

2.12 ทำ Main Schedule เพื่อหาขนาดของ Main Distribution Board (MDB)

2.13 หาขนาดมิเตอร์หรือขนาดหม้อแปลง

2.14 หาขนาด Standby Generator Set ถ้ามี จากแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Main Distribution Board, EMDB)

2.15 ออกแบบระบบประธาน

2.16 จาก Panelboard และ Distribution Board ออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า

2.17 ออกแบบ Single Line Diagrams

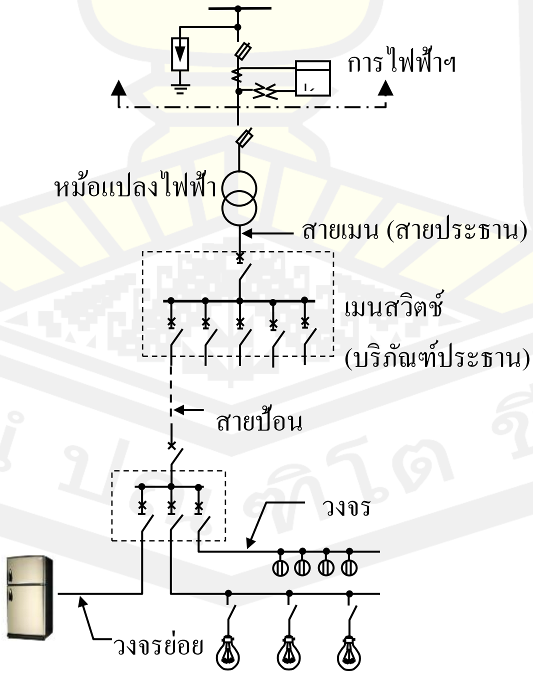
2.18 ออกแบบ Riser Diagrams

2.3 การติดตั้งระบบไฟฟ้า

การติดตั้งระบบไฟฟ้า [2] ประกอบด้วยดังนี้

1. ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

1.1 วงจรไฟฟ้าภายในอาคาร ระบบการจ่ายไฟฟ้าในอาคารประกอบด้วยวงจรย่อย สายป้อน และสายเมน กรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟมากเป็นพิเศษ (ตามที่การไฟฟ้าฯ กำหนด) จะต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย ตามที่แสดงในภาพประกอบ 1



ภาพที่ 1 ไดอะแกรมการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

2. วงจรย่อย เป็นวงจรที่จ่ายไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง เต้ารับ และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ใช้เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์ก็ได้ ขนาดพิกัดต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้และอาจเผื่อไว้อีกเล็กน้อย ดังนี้

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\approx$ 1.25 $\times$ โหลดของวงจรที่คำนวณได้

การคำนวณโหลด เป็นดังนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่างคิดจากขนาดรวมของไฟฟ้าแสงสว่างที่ต่อใช้งานในวงจรนั้น กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟอาจเปลี่ยนแปลงตามแต่ละผู้ผลิต อาจใช้ค่าจากตาราง 5 ถึง 7 เป็นแนวทางได้ สำหรับหลอดไส้กำลังไฟฟ้าเป็น VA คือขนาดวัตต์ของหลอด

2. เต้ารับใช้งานทั่วไป หมายถึงเต้ารับที่ติดตั้งไว้ทั่วไปโดยยังไม่ทราบโหลดที่แน่นอน คิดโหลดเต้ารับละ 180 VA เต้ารับอื่นที่ทราบโหลดแล้วใช้ตามโหลดที่ทราบนั้น

3. เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น คิดตามที่ติดตั้งจริง

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน แต่ต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม. ถึงแม้ว่าสายขนาดเล็กกว่า 2.5 ตร.มม. จะนำกระแสได้ไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินก็ตาม

3.วงจรสายป้อน สายป้อนคือวงจรที่จ่ายไฟให้กับวงจรย่อยตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไป หรือจ่ายไฟให้สายป้อนด้วยกัน การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้และอาจเผื่อไว้อีกเล็กน้อย ดังนี้

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\approx$ 1.25 $\times$ โหลดของวงจรที่คำนวณได้

การคำนวณโหลด จะคิดจากผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่อใช้งานจากสายป้อนนั้นและอนุญาตให้ใช้ค่าดีมานแฟกเตอร์ได้ ตามตาราง 10 ถึง 12 ดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตาราง 10 แต่ห้ามใช้กับสายป้อนในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาล หรือโรงแรม ซึ่งบางขณะไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องใช้พร้อมกันเช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง

2. โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไปที่คิดโหลดไว้เต้ารับละไม่เกิน 180 VA ใช้ในสถานที่อื่นที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตาราง 11

3. โหลดเต้ารับอื่นในสถานที่อยู่อาศัยที่ทราบโหลดแน่นอนแล้วให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40 % ของโหลดเต้ารับที่เหลือ

4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ตามตารางที่ 12

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

สายนิวทรัล ต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

ตารางที่ 5 ดีมานด์แฟกเตอร์ของสายป้อนแสงสว่าง

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

ตารางที่ 6 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

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

ตารางที่ 7 ดีมานด์แฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

ชนิดของอาคาร	ประเภทโหลด	ดีมานด์แฟกเตอร์
1. อาคารที่อยู่อาศัย	เครื่องหุงต้มอาหาร	10 A+ ร้อยละ 30 ของส่วนที่เกิน 10 A
	เครื่องทำน้ำร้อน	กระแสใช้งานจริงของสองตัวแรกที่ใช้งาน + ร้อยละ 25 ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100%
2. อาคารสำนักงาน และร้านค้า รวมถึง ห้างสรรพสินค้า	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + 80% ของตัวใหญ่รองลงมา +60% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำความร้อน (หรือเครื่องทำน้ำอุ่น)	100% ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + 25% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศ	100%
3. โรงแรม และ อาคารประเภทอื่น	เครื่องหุงต้มอาหาร	กระแสใช้งานจริงของตัวที่ใหญ่ที่สุด + 80% ของตัวใหญ่รองลงมา +60% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องทำความร้อน (หรือเครื่องทำน้ำอุ่น)	100% ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + 25% ของตัวที่เหลือทั้งหมด
	เครื่องปรับอากาศประเภทแยกแต่ละห้อง	75%

3) กรณีที่โหลดในแต่ละเฟสต่างกันมาก (Unbalanced Load) การกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ควรคำนวณเป็นแบบ 1 เฟส โดยคิดทีละเฟสและเลือกเฟสที่มีโหลดสูงสุดมากำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ และขนาดกระแสของสายป้อนไม่ต่ำกว่าขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยใช้ช่องขนาดกระแสของวงจร 3 เฟส

3.1.3 เมนสวิตซ์และสายเมน

เมนสวิตช์ หรือบริภัณฑ์ประธาน คือบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สับ-ปลดวงจรไฟฟ้าของทั้งอาคาร และทำหน้าที่ตัดกระแสเกินด้วย

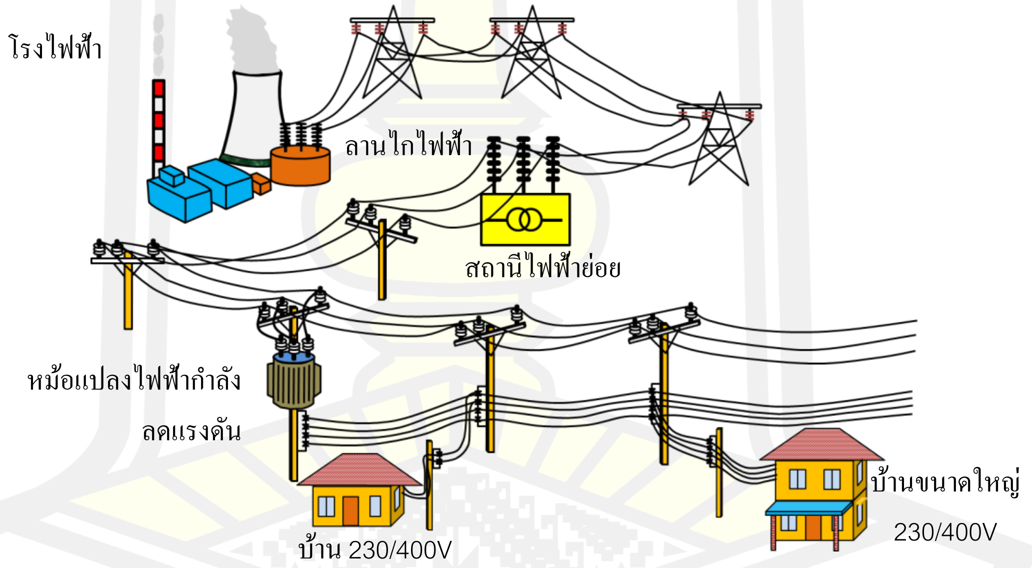
สายเมน หรือสายประธาน คือสายไฟฟ้าที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้เมนสวิตช์หรือบริภัณฑ์ประธาน

2.4 หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer)

1.1 ความรู้เบื้องต้นหม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เป็นอุปกรณ์ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น หรือลดลง ตามที่ต้องการ ที่ความถี่เท่าเดิม ใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวดและแกนเหล็ก ที่ประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) หม้อแปลงไฟฟ้ามีหลายชนิด เช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) หม้อแปลงสำหรับเครื่องมือวัด (Instrument Transformer) ขอเน้นเฉพาะหม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า (Distribution Transformer) เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากระบบ แรงดันปานกลาง (Medium Voltage) แรงดันไม่เกิน 33 kV ไปเป็นระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage) เพื่อใช้งาน มีขนาดพิกัดเป็น kVA ซึ่งจะแบ่งเป็นระบบ 1 เฟส 2 สาย 1เฟส 3 สาย และระบบ 3 เฟส 4 สาย สามารถแสดงได้ภาพประกอบ 2



ภาพที่ 2 รูปแสดงการส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและ โหลดในการจ่ายไฟของการไฟฟ้าฯ

ตารางที่ 8 แรงดันระบบจำหน่าย

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

1.2 การใช้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority: MEA) แรงดันระบบจำหน่าย 24 kV หรือ 12/24 kV และแรงดันที่ขั้วหม้อแปลง 240/416 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 240/416 V, 3PH 3W. แรงดันบริการ 220/380 V และแรงดันระบุ nominal voltage: 230/400 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 220/380 V และ 240/416 V ให้เหลือเพียงค่าเดียวคือ 230/400V เป็นต้นสำหรับประเทศไทย ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ชนิด 3 เฟส 4 สาย กำหนดเป็น 230/400 V และตามมาตรฐาน IEC จะใช้ค่าแรงดันที่ระบุนี้ เพื่อค่าที่คำนวณได้และการใช้ที่เป็นสากล จะได้เป็นค่าเดียวกัน

1.2.3 มาตรฐานหม้อแปลงไฟฟ้า

1.2.3.1 มอก. 384-2543 / TIS 384-2000

IEC60076 Power Transformer

IEC60076-1,2011 Part 1: General

IEC60076-2,2011 Part 2: Temperature Rise

IEC60076-3,2000 Part 3: Insulation Level and Dielectric Tests

IEC60076-4,2002 Part 4: Lightning and Switching Impulse

IEC60076-5,2006 Part 5: Withstand Short Circuit

IEC 60076-1,2004 Part 11: Dry-type Transformer

IEEE C57.12.00-2000

1.2.3.3.1 General Requirements for Liquid-Immersed Distribution, Power and Regulating Transformers

1.2.4 ชนิดของหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้าจำหน่ายที่ใช้ในปัจจุบันมี 2 แบบ คือ

1.2.4.1 หม้อแปลงแบบใช้ของเหลว (Liquid-Immersed Transformers) หม้อแปลงที่ใช้ของเหลวเป็นฉนวนและตัวระบายความร้อนแบ่งเป็น 3 ประเภทดังนี้

1.2.4.1.1 หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟได้ (Flammable Liquid- Insulated Transformer) หรือเรียกว่าหม้อแปลงน้ำมัน (Oil Type Transformer)

1.2.4.1.2 หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก (Less Flammable Liquid Insulated Transformer)

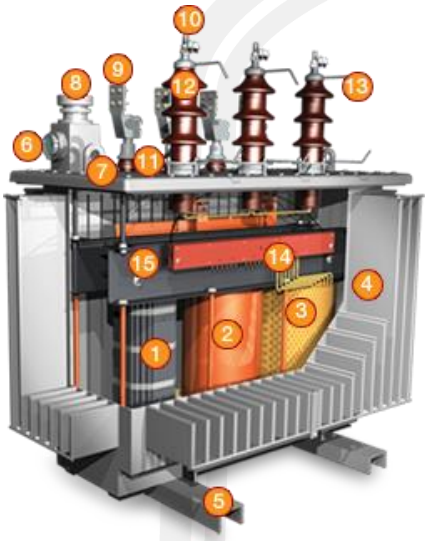
1.2.4.1.3 หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ (Non-Flammable Fluid - Insulated Transformer)

1.2.4.2 หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ฉนวนเป็นเรซิ่น นิยมใช้ติดตั้งภายในอาคาร มีความปลอดภัยจากการเกิดเพลิงไหม้สูง เนื่องจากหากหม้อแปลงเกิดระเบิดขึ้นจะไม่มีส่วนที่ติดไฟ

ภาพที่ 3 รูปแสดง หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) และสิ่งห่อหุ้ม

1.2.5 ส่วนประกอบของหม้อแปลง

1.2.5.1 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)

ภาพที่ 4 รูปแสดงตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันแบบ Corrugated Tank

1.2.5.2 อุปกรณ์ประกอบหม้อแปลง

1) ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันระบบหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้า จากภาวการณ์ลัดวงจร (Short Circuit) หรือกระแสเกิน (Over Load)

2) ล่อฟ้า (Lightning Arrester) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันอุปกรณ์หรือระบบและสายส่งไม่ให้ได้รับความเสียหายจากภาวะแรงดันเกิน (Over Voltage) ที่เกิดจากฟ้าผ่าหรือการปลดสับสวิตช์

1.2.5.3 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

ภาพที่ 5 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง

1.2.5.4 การป้องกันความร้อนหม้อแปลงแห้งหม้อแปลงแห้งชนิด Cast Resin จะต้องมีระบบป้องกันความร้อนเกินสำหรับขดลวด ระบบป้องกันความร้อนประกอบด้วยตัวรับสัญญาณ (Sensors) และ รีเลย์ความร้อน (Temperature Relay)

1.2.5.4.1 ตัวรับสัญญาณ (Sensors) ตัวรับสัญญาณทำด้วย PTC (Positive Temperature Coefficient)

1.2.5.4.2 ตัวรับสัญญาณตัวที่ 1 พัดลมทำงานที่อุณหภูมิปรับตั้ง 90-110 °C

1.2.5.4.3 ตัวรับสัญญาณตัวที่ 2 ระบบเตือนทำงานที่อุณหภูมิปรับตั้ง 130-140 °C

1.2.5.4.4 ตัวรับสัญญาณตัวที่ 3 ตัดวงจรทำงาน ที่อุณหภูมิปรับตั้ง 150 °C

1.2.5.5 เครื่องห่อหุ้ม (Protective Enclosure) หม้อแปลงแห้งต้องติดตั้งไว้ในเครื่องห่อหุ้ม เนื่องจากส่วนที่เป็น Resin ของหม้อแปลง Cast Resin จะสัมผัสไม่ได้เพราะจะทำให้เกิดไฟช็อตจากแรงดันเหนี่ยวนำ สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่ใช้ในอาคารตามมาตรฐาน ติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยโดยของ วสท. กำหนดไว้ว่าเครื่องห่อหุ้มต้องมีค่าระดับการป้องกันไม่ต่ำกว่า IP21 และถ้าต้องการความปลอดภัยมากขึ้นสามารถใช้ค่า IP สูงขึ้นได้ สำหรับเครื่องห่อหุ้มที่ใช้ภายนอกอาคารนั้น ต้องมีค่าระดับการป้องกันไม่น้อยกว่า IP 33

ภาพที่ 6 รูปแสดง เครื่องห่อหุ้ม (Protective Enclosure)

1.2.5.6 ระดับการป้องกันของเครื่องห่อหุ้ม

1.2.5.7 การเพิ่มพิกัดของหม้อแปลงแห้งด้วยการใช้พัดลม หม้อแปลงแห้งชนิด Cast Resin สามารถทำให้จ่ายโหลดได้เพิ่มประมาณ 30-40% ของพิกัดปกติของ หม้อแปลงได้โดยการติดตั้งพัดลมช่วยในการระบายความร้อน เมื่อหม้อแปลงเริ่มจ่ายโหลดเกินพิกัด ตัวรับสัญญาณความร้อนที่ฝังอยู่ใกล้จุดความร้อนสูงสุดจะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมรีเลย์ความร้อนทำงานและสั่ง ให้พัดลมทำงานเพื่อระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้นออกไป พัดลมระบายความร้อนแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

1.2.5.7.1 แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านบน (Cover Mounted Fan: CMF) การติดตั้งพัดลมแบบ CMF นั้น พัดลมจะดูดลมโดยให้ผ่านตัวหม้อแปลงเพื่อทำความร้อนออกมา ดังนั้นเครื่องห่อหุ้ม (Enclosure) จะต้องออกแบบให้มิดชิดเพื่อบังคับลมให้ผ่านตัวหม้อแปลง เครื่องห่อหุ้มในลักษณะนี้ใช้วิธีระบายความร้อนตามธรรมชาติ (Air Natural: AN) ได้ยาก ตัวหม้อแปลงจะร้อนมากๆ พัดลมที่ติดตั้งต้องมีขนาดใหญ่และทำงานบ่อย

ภาพที่ 7 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านบน

1.2.5.7.2 แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง (Cross Flow Fan: CFF) การติดตั้งพัดลมแบบ CFF พัดลมจะเป่าลมจากด้านล่างผ่านช่องอากาศ (Air Ducts)

ภาพที่ 8 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง

1.2.6 ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

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

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

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75C (W)	Total Losses at 75C (w)	Impedance at 75 C (%)	ขนาด(มิติ) หม้อแปลง			Oil qty. (Lite)	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 ข้อมูลหม้อแปลง เปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานผู้ผลิตแต่ละราย

1.2.6.2 หม้อแปลงน้ำมัน 1เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V ซึ่งพิกัดหม้อแปลงน้ำมัน1เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V ดังแสดงในตารางที่ 10

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ตารางที่ 10 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน1เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75C (W)	Total Losses at75C (w)	Impedance at 75C (%)	ขนาด(มิติ) หม้อแปลง			Oil qty. (Lite)	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 ข้อมูลหม้อแปลง เปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานผู้ผลิตแต่ละราย

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

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

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75C (W)	Total Losses at75C (W)	Impedance at 75C (%)	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 1 ข้อมูลหม้อแปลง เปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานผู้ผลิตแต่ละราย
2 ขนาด ความกว้าง ยาว สูง และน้ำหนัก ยังไม่ได้รวมเครื่องห่อหุ้ม

1.2.7 นิยามที่ควรทราบ

1.2.7.1 ขนาดพิกัด (kVA) คือขนาดของกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่หม้อแปลงสามารถจ่ายออกไปให้แก่โหลด โดยที่ส่วนประกอบสำคัญของหม้อแปลงมีอุณหภูมิไม่เกินค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งทดสอบได้โดยใช้ Temperature Rise Test

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

ตารางที่ 12 ค่า BIL ที่พิกัดแรงดัน

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

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

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

1.2.7.5 การแท็ปแยกแรงดัน (Tapping) คือการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนแรงดันของหม้อแปลงได้ซึ่งจะคิดเป็นอัตราส่วนของแรงดันพิกัด (Rated Voltage) การปรับแท็ปแยกแรงดันนั้นต้องการให้แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงสอดคล้องกับโหลดตามความต้องการ การเปลี่ยนแท็ปจะเปลี่ยนทางด้านขดลวดแรงสูง ซึ่งจะง่ายกว่าการเปลี่ยนแท็ป ด้านแรงต่ำ มาตรฐาน

แท็ป ของ กฟภ. ±2 x 2.5% ตัวอย่างข้อมูลการแท็ปแยกแรงดันดังที่แสดงในตารางที่ 31 และมาตรฐานแท็ป ของ กฟน. –4 x 2.5% ดังที่แสดงในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 การแท็ปแยกแรงดัน

Tap No.	Pri. Volt (V)	Sec. Volt (V)	Ratio
1	23100	400	57.75
2	22550	400	56.25
3	22000	400	55
4	21450	400	53.625
5	20900	400	52.25

ตารางที่ 14 การแท็ปแยกแรงดันของ กฟน.

Tap No.	Pri Volt (V)	Sec 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

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

1.2.7.6.1 หม้อแปลงที่มีขนาดตั้งแต่ 50 kVA - 630 kVA จะมี % อิมพีแดนซ์ 4%

1.2.7.6.2 หม้อแปลงที่มีขนาดตั้งแต่ 800 kVA - 2500 kVA จะมี % อิมพีแดนซ์ 6%

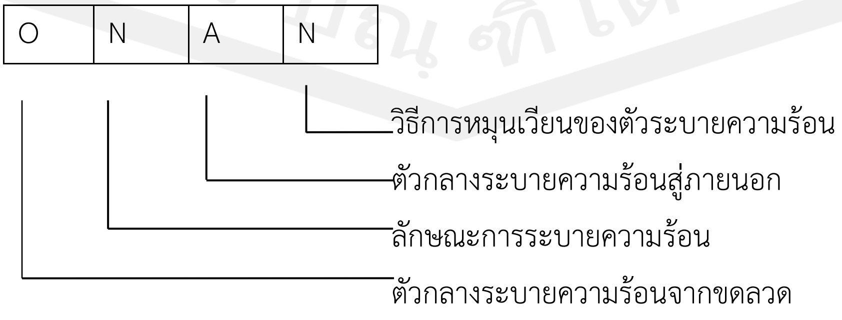
1.2.7.7 เวคเตอร์กรุ๊ป (Vector Group) คือการบอกวิธีการต่อขดลวดภายในหม้อแปลง 3 เฟส โดยบ่งชี้บอกถึงมุมต่างเฟส (Phase Shift) ระหว่างขดลวดด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิและแรงต่ำหรือทุติยภูมิ เมื่อเราวัดแรงดันที่ขั้วของหม้อแปลงชนิด 1 เฟส เทียบกันจะไม่เกิด Phase Angle Different ระหว่างขดลวดแรงสูงกับแรงต่ำ แต่สำหรับหม้อแปลง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

1.2.7.8 การระบายความร้อนของหม้อแปลงความร้อนที่เกิดจากการใช้งานและค่าสูญเสียภายในหม้อแปลงจะทำให้หม้อแปลงมีอายุการใช้งานที่สั้นลงหรือหม้อแปลงอาจจะชำรุดได้จึงต้องมีการระบายความร้อนออกจากตัวหม้อแปลงและการระบายความร้อนที่ดีก็ทำให้หม้อแปลงสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้นด้วย การระบายความร้อนจากขดลวดมาที่ตัวถังจะอาศัยฉนวนหม้อแปลงเป็นตัวกลางระบาย การระบายความร้อนออกจากตัวหม้อแปลงสู่ภายนอกมีหลายวิธีและจะใช้สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อนดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อน

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

การเขียนสัญลักษณ์ที่ Name Plate หม้อแปลงแสดงการระบายความร้อนจะเขียนเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษ 2 ตัว หรือ 4 ตัว



1.2.7.9 กำลังสูญเสียทางไฟฟ้า (Power Loss) หม้อแปลงมีกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าอยู่ 2 ส่วนคือ

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

1.2.7.9.2 กำลังสูญเสียไฟฟ้ามีโหลด (Load Loss) คือกำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด ซึ่งค่า Load Loss นี้จะแปรตาม I2R หรือ (kVA)2.ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss Transformer ทั้งการลด No Load Loss และ Load Loss เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อกับระบบไฟฟ้าตลอดเวลาและใช้งานตลอดเวลา ดังนั้นถ้าสามารถลด Loss ของหม้อแปลงได้ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าลงได้มาก

1.2.7.10 การทดสอบหม้อแปลง (Transformer Testing)

1.2.7.10.1 มาตรฐานที่ใช้ในการทดสอบ มอก., IEC, IEEE

1.2.7.10.2 ประเภทการทดสอบ

1 การทดสอบประจำ (Routine Test)

2 การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test)

3 การทดสอบพิเศษ (Special Test)

1.2.7.10.3 การทดสอบประจำ (Routine Test) สำหรับหม้อแปลงน้ำมัน หม้อแปลงทุกลูกต้องผ่านการทดสอบประจำเพื่อให้แน่ใจว่าหม้อแปลงไม่มีการชำรุดเสียหาย ระหว่างการผลิตประกอบด้วย

1 การทดสอบอัตราส่วนของแรงดัน (Ratio Test): IEC 60076-1

2 การทดสอบขั้วหรือสัญลักษณ์กลุ่มเวคเตอร์ (Polarity and Vector Group Test): IEC 60076-1

3 การวัดความต้านทานของขดลวด (Winding Resistance Measurement): IEC 60076-1

4 การทดสอบการสูญเสียกำลังไฟฟ้าและกระแสขณะไม่มีโหลด (No Load Loss and No-Load Current Test): IEC 60076-1

5 การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเหนี่ยวนำเกิน (Induced Potential Test): IEC 60076-3

6 การทดสอบความคงทนต่อแรงดันเกินจากแหล่งจ่ายตัวอื่น (Applied Potential Test): IEC60076-3

7 การทดสอบรอยรั่วซึมของน้ำมัน (Oil Leak Test): IEC 60076-1

8 การทดสอบความเป็นฉนวนของน้ำมัน (Oil Dielectric Strength Test): IEC 60156 or ASTM D877-02

1.2.7.10.4 การทดสอบเฉพาะแบบ (Type Test) เป็นการนำหม้อแปลงต้นแบบแต่ละขนาด มาทำการทดสอบเพื่อแสดงว่าหม้อแปลงแต่ละขนาดได้มีการออกแบบที่ดี ประกอบด้วย

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

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

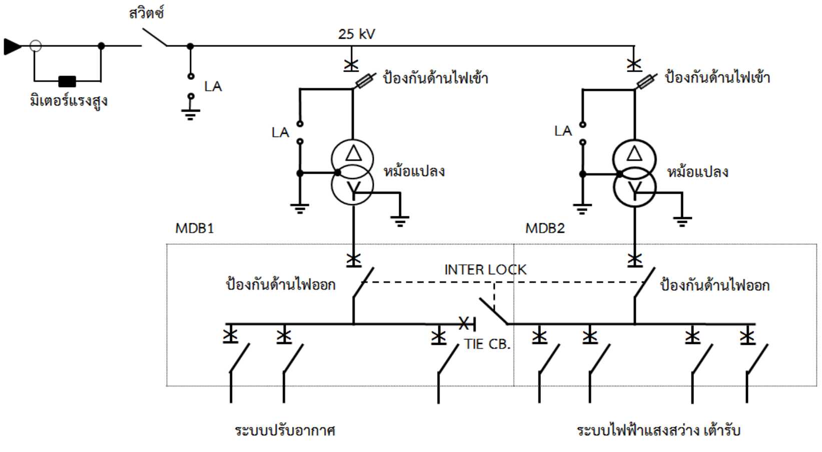
1.2.7.10.5 การทดสอบพิเศษ (Special Test) เป็นการทดสอบตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้ซื้อ ซึ่งมักจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นพอสมควร ประกอบด้วย

1 การทดสอบความทนทานต่อการลัดวงจร (Short Circuit Withstand Test): IEC 60076-5

2 การทดสอบความดังของเสียงรบกวน (Audible Sound Level Test): IEC 60076-10

1.2.8 การป้องกันกระแสเกินของหม้อแปลง

หม้อแปลงต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งทางด้านไฟเข้า (Primary) และด้านไฟออก (Secondary) ของหมอแปลง ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกินค่าที่กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ วสท. สำหรับค่าที่คำนวณได้หากไม่ตรงกับขนาดหม้อแปลงตามมาตรฐานผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ขนาดที่ใกล้เคียงที่สูงถัดขึ้นไปได้ ในกรณีที่มีการต่อขนานหม้อแปลง หม้อแปลงทุกลูกต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เหมือนกัน หม้อแปลงแต่ละลูกต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งทางด้านแรงสูงและแรงต่ำ และต้องมีสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูงที่สามารถปลดและสับหม้อแปลงได้พร้อมกัน ตัวอย่างการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลงดังแสดงในภาพประกอบ 13



Electrical Singe Line Diagram

ภาพที่ 9 รูปแสดงการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลง

1.2.8.1 การป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า มีไว้เพื่อป้องกันกระแสเกินอันเนื่องมาจากเกิดการลัดวงจรด้านแรงสูงหรือภายในตัวหม้อแปลงเอง ค่าปรับตั้งสูงสุดในตาราง ตามมาตรฐานถ้าใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินจะเลือกใช้ค่าสูงสุดไม่เกิน 4-6 เท่าของพิกัดกระแสด้านไฟเข้า ในกรณีเลือกใช้ฟิวส์เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินจะกำหนดให้ใช้ไม่เกิน 300% ของพิกัดกระแสด้านไฟเข้าของหม้อแปลง แต่ไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงด้านไฟเข้า เพราะฟิวส์อาจจะขาดได้ การใช้งานจริงควรกำหนดค่าให้เหมาะสมและต้องคำนึงกระแสในขณะสับสวิตช์จ่ายไฟให้กับหม้อแปลงตอนแรกที่มีกระแสสูงชั่วขณะ (Transformer Inrush Current) เครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้าจะต้องทนค่ากระแสนี้ได้โดยไม่ขาดหรือปลดวงจร โดยทั่วไป ถ้าเลือกใช้Fuse 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

ตารางที่ 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%	125%
> 6% < 10%	400%	300%	250%	250%	125%

1.2.8.2 การป้องกันกระแสเกินด้านไฟออก ขนาดปรับตั้งของเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟออก แบ่งออกเป็นแรงดันที่มากกว่า 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 โดยทั่วไปที่นิยมใช้ จะกำหนดจากเครื่องป้องกันกระแสเกินจากขนาดหม้อแปลง 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) ต้องไม่น้อยกว่าค่ากระแสลัดวงจรสูงสุดที่ติดตั้งที่ขั้วทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดหม้อแปลงค่า Impedance Voltage ของหม้อแปลง และความจุลัดวงจร (Short-Circuit Capacity: MVA) ด้วย

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

วิธีทำ

1. กำหนดขนาด Fuse ด้านแรงสูง

หากระแสโหลดเต็มที่ด้านแรงสูง

I = 2000/1.732 x22 = 52.48 A

กำหนดขนาด Fuse ไม่ต่ำกว่า 125% และไม่เกิน 300 %

ขนาด Fuse = 125 x 52.48 = 65.6 A

เลือก Fuse ให้ตรงกับมาตรฐานการผลิตและเผื่อค่ากระแส Inrush (ทั่วไปนิยมใช้1.5-2.0 เท่าของกระแสไฟด้านเข้า) จะได้ขนาด 80A หรือใหญ่กว่าถัดขึ้นไป คือ 100A ก็ได้

2. กำหนดขนาด Circuit Breaker ด้านแรงต่ำปรับตั้งไม่เกิน 125% ของกระแสพิกัดหม้อแปลงด้านแรงต่ำ

I = 2000x1000/1.732x400 = 2886 A

กำหนดขนาด Circuit Breaker ที่ 125 % = 1.25 x 2886 = 3607 A

เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาดสูงสุด 3600 AT- 4000 AF

3. ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง

คิดระบบไฟฟ้าเป็นแบบ Infinite Busและกระแสลัดวงจรแบบสมดุล

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

โดย In = กระแสพิกัดของหม้อแปลงด้านแรงต่ำ(A)

% U = % อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง

Ic = 100 x 2886 /6 = 48100 A = 48.1 kA

ในทางปฏิบัติการเลือกพิกัดค่ากระแสลัดวงจรของเครื่องป้องกันกระแสเกินควรเผื่อไว้ สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของ % อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง ค่า Motor Contribution ของกระแสลัดวงจร และค่า Safety Factor ซึ่งโดยรวมจะเผื่อไว้ประมาณ 25% ดังนั้นค่ากระแสลัดวงจร = 48.1 x 1.25 = 60 kA

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

1.2.8.4 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V

ตัวอย่างขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V สามารถแสดงได้ตารางที่ 17

ตารางที่ 17 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V

พิกัดหม้อแปลง (kVA)	กระแสพิกัดด้านแรงต่ำ (A)	125% กระแสพิกัดด้านแรงต่ำ	ขนาดปรับตั้ง CB	ขนาด AF ของ CB (A)	ค่าพิกัดกระแสลัดวงจร (kA)	หมายเหตุ
100	144	180	160	200	10	ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำใช้ไม่เกิน 125% ของกระแสพิกัดด้านแรงต่ำ (No Load) ของหม้อแปลง
160	231	288	250	250	10	
250	360	450	400	500	15	
315	455	568	500 - 550	630	18	
400	577	721	600 - 700	800	18	
500	722	903	800 - 900	1000	22	
630	909	1136	1000 - 1100	1250	30	
800	1155	1443	1250 - 1400	1600	25	
1000	1443	1804	1500 - 1800	2000	30	
1250	1804	2255	1900 - 2200	2500	42	
1600	2309	2886	2400 - 2800	3200	50	
2000	2886	3607	2900 - 3600	4000	65	
2500	3608	4510	3700 - 4500	5000	80	

1.2.9 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลง

1.2.9.1 การตรวจสอบและบำรุงรักษาบริภัณฑ์ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้อุปกรณ์ต่าง ๆ มีสภาพพร้อมใช้งานตามที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเชื่อถือได้ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าและส่วนประกอบก็ต้องมีการตรวจสอบ ดูแลและบำรุงรักษาเช่นกัน มีดังต่อไปนี้

1.2.9.2 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน

1.2.9.3 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงแห้ง

1.2.9.4การตรวจสอบและบำรุงรักษาห้องหม้อแปลง

1.2.9.5 การตรวจสอบและบำรุงรักษาลานหม้อแปลง

1.2.9.6 การตรวจสอบและบำรุงรักษานั่งร้านหม้อแปลง

1.2.10 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน

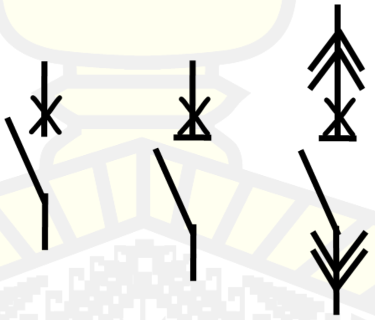
2.5 ช่างไฟฟ้าและวิศวกรไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ

เตชทัต บูรณะอัศวกุล [3] ผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ออกแบบ ผู้ติดตั้ง ผู้ควบคุมงาน เจ้าของงานและทุกภาคส่วนอื่นๆ ปัจจุบันวิศวกรไฟฟ้าต้องมีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เพื่อทำงานภายใต้พระราชบัญญัติสภาวิศวกร และช่างไฟฟ้าที่ดูแลอาคารต่างๆ ต้องได้หนังสือรับรองความรู้ความสามารถช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ตามพระราชบัญญัติของทางกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงจะสามารถทำงานได้ ดังนั้นวิศวกรไฟฟ้าและช่างไฟฟ้าต้องมีความรู้ความสามารถด้านก็จะต้องทำความเข้าใจ เรียนรู้และตามให้ทันเพื่อที่จะได้เลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและถูกต้องตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์: วสท. ที่นำสายไฟฟ้าตามมาตรฐานใหม่นี้ มาทำการแนะนำและการเลือกบริภัณฑ์ไฟฟ้ามาใช้งานในการติดตั้งและเดินสาย

1. หลักการใช้ทั่วไปของเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ

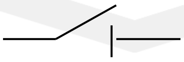
จากรายละเอียดของส่วนแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ บริภัณฑ์ไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์ป้องกันที่มีใช้งานในแผงสวิตช์ฯ จะมีอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ดังนี้

1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) เป็นอุปกรณ์ตัดต่อและป้องกันกระแสเกิน ที่มีสัญลักษณ์ในการใช้งานตามภาพที่ประกอบนี้



ภาพที่ 10 สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ในภาพตามลำดับ 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

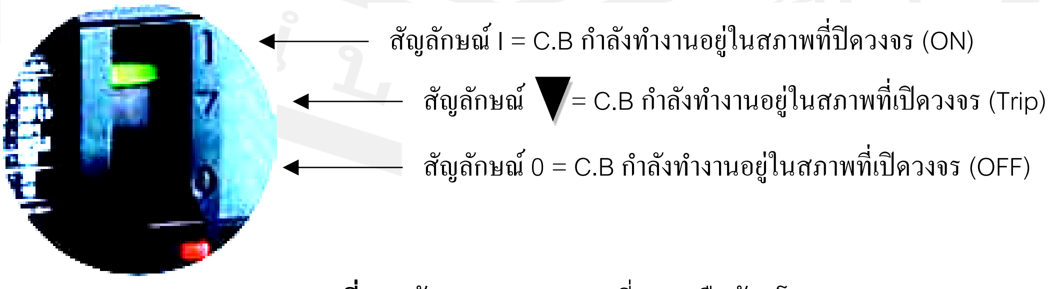
1.2 IEC 60898: Circuit-breaker for Overcurrent Protection for Household and Similar Installation for A.C. and D.C. Operation เป็น C.B ที่ใช้สำหรับบ้านอยู่อาศัย เพื่อป้องกันกระแสเกิน
เซอร์กิตเบรกเกอร์: C.B ประเภทที่เรียกว่า Miniature Circuit Breaker (MCB) ที่ใช้งานตามมาตรฐาน IEC 60898 นี้

1.3 IEC 60947-2: Low-Voltage Switchgear และ Control-Gear: Circuit Breaker เซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ใช้งานตามมาตรฐาน IEC 60947-2 นี้ ต้องการให้เกิดความปลอดภัยสำหรับบุคคลที่มีความรู้ทางเทคนิค ที่ใช้สำหรับงานอุตสาหกรรม อาคารขนาดใหญ่ หรือ สถานที่ต่างๆ ที่มีผู้มีความรู้ทางเทคนิคหรือมีวิศวกรเป็นผู้ดูแล หรือลักษณะการใช้งานที่คล้ายๆ กันนี้ 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

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

3.) การพิจารณาบริเวณจมูก หรือ ก้านของ C.B

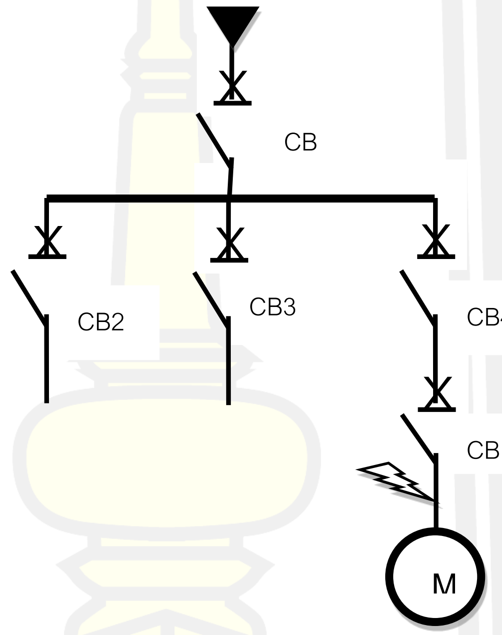


ภาพที่ 11 ข้อมูลของ MCCB ที่จมูกหรือก้านโยก

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

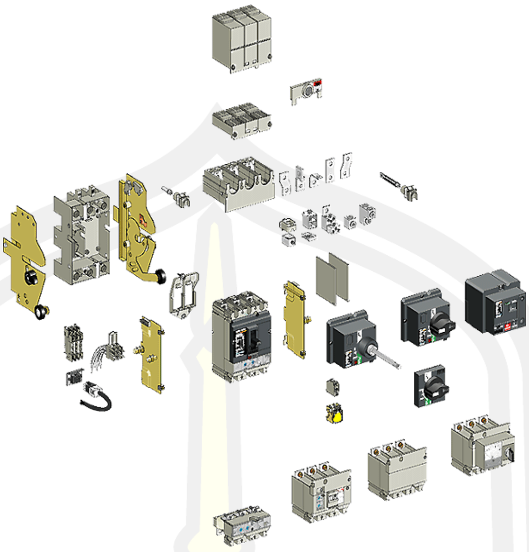
5. เนื่องจากขีดความสามารถของ MCCB นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณสมบัติพื้นฐาน ทำให้ MCCB โดยส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น C.B ตัวเมน เพื่อป้องกันการทำงานในเวลาเดียวกัน หรือ มีการทำงานหลังจากที่ C.B ตัวย่อยได้ เพราะ MCCB นั้นไม่มีคุณสมบัติในส่วนของ Icw ที่จะสามารถทนค่ากระแสลัดวงจรได้นาน กระทั่งให้ C.B ตัวย่อยนั้น ทำงานเพื่อป้องกันกระแสลัดวงจรที่จุดใกล้ที่สุดก่อน

การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) ในกรณีที่ CB มีค่า Icw



ภาพที่ 12 การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร)

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



ภาพที่ 13 ส่วนประกอบของ MCCB

ส่วนประกอบที่สำคัญๆ มีดังนี้

6.1 Under Voltage Release เมื่อได้รับกระแสไฟจ่ายเข้า Coil จะมีผลทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ทริป

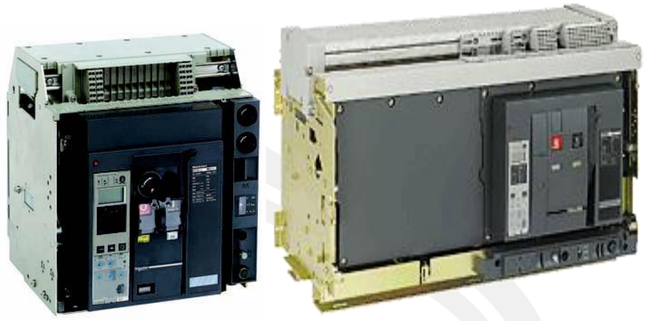
6.2 Shunt Release เมื่อจ่ายไฟให้ที่ Coil ของ Shunt Trip ก็จะทำงานทำให้เซอร์กิตเบรกเกอร์ Trip

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

6.4 Rotary Handle สำหรับการใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตช์แบบสามารถ 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) มีพิกัดกระแสใช้งานและ คุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น ตามมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัดกระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรในแบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพที่ จากภาพประกอบดังต่อไปนี้



ภาพที่ 14 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 เพื่อการใช้งานที่สะดวกในการใส่สายไฟที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วยการเลือกใช้งาน Air Circuit Breaker

1. จากข้อมูลเทคนิคด้านหน้า ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และการทำงานของชุดควบคุมของ ACB สามารถแสดงได้ดังตัวอย่างภาพประกอบ 15

ภาพที่ 15 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

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

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

2.6 ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1

เตชทัต บูรณะอัศวกุล [3] ได้นำเนื้อหาตามหัวข้อคำถามต่างๆ ตามการทดสอบความรู้ความสามารถ ทัศนคติ ของช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ.2558 กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน และผสมผสานเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปัจจุบันช่างไฟฟ้าที่ดูแลอาคารต่างๆ ต้องได้หนังสือรับรองความรู้ความสามารถช่างไฟฟ้าภายในอาคาร จึงจะสามารถทำงานได้ ดังนั้นช่างไฟฟ้าต้องมีความรู้ความสามารถด้านการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับการใช้งาน เพิ่มเติมด้วยความรู้ในการต่อลงดินของทางการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยช่างไฟฟ้าจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการอบรมทั้งภาคทฤษฏีและภาคปฏิบัติอย่างถูกต้องตรงตามมาตรฐานฯ เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัยในที่พักอาศัยบ้านหรืออาคารห้างสรรพสินค้า จึงต้องมีหนังสือรับรองความรู้ความสามารถของ

ช่างไฟฟ้า เพื่อเป็นการรับรองว่าช่างไฟฟ้าที่มาติดตั้งหรือเพิ่มเติมหรือแก้ไขซ่อมแซมระบบไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยของท่านมีความรู้ความสามารถที่จะมาติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

2.7 การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน คู่มือการบริหารจัดการพลังงาน คือ การทำให้มั่นใจว่าได้มีการบริหารจัดการทรัพยากรพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อบรรลุเป้าหมายขององค์กร นิยมใช้คำว่า “การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม” การอนุรักษ์พลังงาน คือ การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

การจัดการพลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ได้กล่าวถึงหลักการของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประเภทและชนิดต่างๆของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีแนวทาง การลดชั่วโมงการทำงานที่ไม่จำเป็นในระบบแสงสว่าง ดังนี้

1) การลดชั่วโมงการใช้งาน สามารถดำเนินการได้โดยปิดสวิตซ์ในบริเวณที่ไม่จำเป็นซึ่งสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2) การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง การกำหนดนโยบายโดยผู้บริหารในการใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงเช่น หลอดไฟ บัลลาสต์ โคมไฟ ฯลฯ

3) การใช้แสงสว่างธรรมชาติในบริเวณที่เป็นไปได้ สามารถดำเนินการใช้แสงสว่างธรรมชาติและปิดโคมไฟฟ้าแสงสว่างโดยดำเนินการ เช่น เปิดมูลี่ หรือผ้าม่านในช่วงกลางวัน เพื่อใช้แสงสว่างจากภายนอกแทนการเปิดโคมไฟฟ้า บริเวณริมหน้าต่าง เคลื่อนย้ายตู้หรืออุปกรณ์ที่บังแสงสว่างภายนอก

4) การบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม ควรมีนโยบายในการจัดทำแผนการบำรุงรักษา และทำความสะอาดโคมไฟฟ้าแสงสว่างตาม ระยะเวลาที่เหมาะสม เช่น ทุก 1 ปี

5) การควบคุมการทำงานระบบแสงสว่างทั้งแบบใช้คนและใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ

2.8 การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศ

ระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอากาศอัดที่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์เป็นหลัก ท่านจะได้เรียนรู้ การผลิต การใช้งาน การหาประสิทธิภาพ การหาสมรรถนะ และการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประหยัดพลังงาน แน่นอนอย่างที่สุดหากระบบต่างๆนี้มีการรั่วหรือการสูญเสียมากๆ ก็จะมีผลกับการใช้พลังงานอย่างมาก ระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็นและระบบอัดอากาศจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบปรับอากาศและระบบอัดอากาศจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการคำนึงถึงเรื่องต่างๆ เพื่อความเหมาะสมและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การจัดการพลังงานโดยการควบคุมกำลังไฟฟ้า โดยการแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า ได้ดังนี้

1. ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

เฉพาะในหัวข้อนี้ขอแบ่งลำดับหัวข้อย่อยตามที่การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ เพื่อให้หมายเลขของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตรงตามในใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ในการคิดอัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าได้จำแนกผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหาก าไร

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

2.9 การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

หม้อแปลงไฟฟ้าต้องมีการคำนึงถึงเรื่องกำลังสูญเสีย การจัดภาระแต่ละเฟส แต่ละหม้อแปลงและประสิทธิภาพของหม้อแปลงเป็นสำคัญ

การตรววัดพลังงานไฟฟ้า โดยใช้มิเตอร์วัดกระแส วัดแรงดัน วัดกำลังไฟฟ้า การบันทึก และการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาวิธีหรือกระบวนการในการบริหารจัดการ

หลักการบริหารจัดการด้านพลังงาน (Concept of Energy Management)

การที่จะบริหารและจัดการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดผลอย่างจริงจัง และมีผลอย่างยั่งยืน จำเป็นต้องวางระบบในการดำเนินงานที่เหมาะสม และปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องด้วยความตั้งใจ เข้าใจ สนใจ และร่วมใจกันทุกฝ่าย ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงลงไป ซึ่งเป็นผู้ที่จะวางนโยบายและเป้าหมาย การมอบหมายงานให้ผู้รับผิดชอบ พร้อมทั้งกำหนดแผนงาน เพื่อให้เกิดผลตามวัตถุประสงค์ตลอดไป องค์ประกอบในการบริหารและจัดการที่จะทำให้เกิดผลจริง ๆ นั้น จำเป็นต้องมีผู้รับผิดชอบโครงการที่มีความรู้และความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงานอย่างแท้จริง พร้อมทั้งถ่ายทอดความรู้และทัศนคติต่าง ๆ สู่บุคคลอื่นทุกๆ คนที่อยู่ในองค์กร เพราะการอนุรักษ์พลังงานมิใช่จะให้คนใดคนหนึ่งเป็นผู้ปฏิบัติ เป็นหน้าที่ร่วมของทุกคนในองค์กรนั้น ถ้าหากขาดความเข้าใจอันถูกต้อง ขาดความร่วมมืออย่างจริงจังแล้ว ยากที่จะบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ได้

2.10 การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ [5] หรือการวิเคราะห์โครงการในด้านต่างๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าโครงการที่เลือกมานั้นมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มีผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุนและสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมและสังคมตามมาในภายหลังและสามารถทำให้บรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและเวลา ดังนั้นการศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือตลาด ทางด้านเทคนิค ทางด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ ทางด้านการบริหารจัดการ ทางด้านสังคม และสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นโครงการของภาครัฐหรือภาคเอกชน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละโครงการ

สำหรับโครงการของภาคเอกชนที่เน้นกำไรสูงสุด ก็จะให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงิน ทางด้านการตลาด เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจก่อนที่จะลงทุนในโครงการต่างๆ โดยทั่วไปมักเริ่มจากการวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือตลาด เพื่อให้แน่ใจได้ว่าสินค้าหรือบริการที่โครงการจะทำขึ้นมานั้นเป็นที่ต้องการของตลาดมากน้อยแค่ไหน เพื่อจะได้กำหนดขนาดที่เหมาะสม และหากเป็นโครงการใหม่ที่ยังไม่เคยทำมาก่อนก็จำเป็นต้องวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิค เพื่อเลือกหารูปแบบเทคนิคการทำที่มีประสิทธิภาพในการทำ โดยใช้ต้นทุนการทำที่ต่ำ โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของโครงการและนำข้อมูลที่ได้มาประมาณการต้นทุน ค่าใช้จ่ายต่างๆของโครงการและจากนั้นก็จะนำมาวิเคราะห์โครงการทางด้านการเงินและ เศรษฐศาสตร์เพื่อประมาณการผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับว่าคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยแค่ไหน

2.11 การวิเคราะห์โครงการ : มุมมองทางการเงินและทางเศรษฐศาสตร์ (Cost Benefit Analysis : Financial and Economic Perspectives)

การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน (Financial Cost-Benefit Analysis: Financial CBA) มีเป้าหมายในการวิเคราะห์เหมือนกัน เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน เป็นการวิเคราะห์ผ่านมุมมองของภาคเอกชนเพื่อตอบคำถามว่าโครงการดังกล่าวมีผลตอบแทนคุ้มค่ากับการลงทุนในทางบัญชี ดังนั้น ผลการวิเคราะห์โครงการทางการเงินที่มีผลประโยชน์สุทธิเป็นบวกมีความคุ้มค่าในทางบัญชีเท่านั้น ขณะที่การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์เป็นการวิเคราะห์ครอบคลุมถึงความคุ้มค่าของโครงการต่อสังคม ประเด็นที่ทำให้การวิเคราะห์โครงการทางเศรษฐศาสตร์และการวิเคราะห์โครงการทางการเงินมีความแตกต่างกันได้แก่

การหามูลค่า (Valuation) อันได้แก่ ประเด็นเรื่องภาษีและเงินอุดหนุน ต้นทุนค่าเสียโอกาสของทรัพยากร และผลกระทบภายนอกทั้งทางบวกและทางลบของโครงการ และ

อัตราคิดลด (Discount rate)

เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ใช้การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการตัดสินใจลงทุน รวมทั้งเพื่อให้การตัดสินใจลงทุนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยเครื่องมือทางการเงินเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ โดยมีการจัดทำประมาณการกระแสเงินสดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตก่อน แล้วนำมาคำนวณผ่านเครื่องมือต่างๆที่สำคัญ ได้แก่

1. ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)
2. มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)
3. อัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal Rate of Return: IRR)
4. อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio)

2.12 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

อภิญญาภรณ์ อินทวงษ์และคณะ [5] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง โดยวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝนและวิธีทางสถิติในพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย โดยทำการศึกษาในพื้นที่รับน้ำฝนของเขื่อนรัชชประภา จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเขื่อนบางลาง จังหวัดยะลา และทำการเปรียบเทียบผลการประเมินค่า PMP ทั้งสองวิธีและผลการศึกษาในอดีต ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย ข้อมูลพายุที่เคยเกิดขึ้น และมีอิทธิพลสูงสุดต่อพื้นที่ภาคใต้รวมจำนวน 14 ลูก และพิจารณาร่วมกับข้อมูลอุณหภูมิจุดน้ำค้าง เพื่อคำนวณหาค่าปริมาณน้ำในบรรยากาศที่อาจเป็นไปได้สูงสุด และข้อมูลปริมาณฝนสูงสุดช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ที่สถานีวัดน้ำฝน สำหรับผลการศึกษาประเมิน PMP โดยวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนพบว่าพายุฝนที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ได้แก่ พายุดีเปรสชันรหัส 076 เกิดระหว่างวันที่ 31 ตุลาคม ถึงวันที่ 4 พฤศจิกายน พ.ศ. 2512 โดยมีศูนย์กลางพายุใกล้กับ อำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ เมื่อเคลื่อนย้ายพายุดังกล่าวไปยังเขื่อนรัชชประภาให้ค่า PMP เท่ากับ 892.74, 1,254.45 และ 1,510.91 มิลลิเมตร ตามลำดับ และเมื่อเคลื่อนย้ายพายุฝนไปยังเขื่อนบางลางให้ค่า PMP เท่ากับ 575.13, 808.15 และ 973.38 มิลลิเมตร ตามลำดับ สำหรับผลการศึกษาประเมิน PMP โดยวิธีทางสถิติพบว่า สถานีวัดน้ำฝนรหัส 610062 ตำบลท่าขนอน อำเภอคีรีรัฐนิคม จังหวัดสุราษฎร์ธานี เป็นสถานีที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน สำหรับพื้นที่รับน้ำของเขื่อนรัชชประภา มีค่าเท่ากับ 734.90, 1,205.13 และ 1,829.36 มิลลิเมตร และสถานีวัดน้ำฝนรหัส 710101 ตำบลบาเจาะ อำเภอบันนังสตา จังหวัดยะลา เป็นสถานีที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ของพื้นที่รับน้ำเขื่อนบางลางมีค่าเท่ากับ 612.80, 960.06

และ 1,292.97 มิลลิเมตร เมื่อทำการเปรียบเทียบผลทั้งสองวิธีพบว่า การประเมิน PMP โดยวิธีทางสถิติให้ค่า PMP ที่สูงกว่าวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝน คิดเป็นร้อยละ 21.08 สำหรับเขื่อนรัชชประภา และร้อยละ 32.83 สำหรับเขื่อนบางลาง และเมื่อทำการเปรียบเทียบผลการศึกษา PMP เดิม ของเขื่อนรัชชประภา และเขื่อนบางลาง พบว่า วิธีทางสถิติยังคงให้ค่าที่สูงกว่า วิธีเคลื่อนย้ายพายุฝน จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า สำหรับพื้นที่ภาคใต้ของประเทศไทย ซึ่งปริมาณฝนโดยมากเกิดจากอิทธิพลของร่องความกดอากาศต่ำ มากกว่าพายุฝน การใช้วิธีทางสถิติในการประเมินค่า PMP ให้ค่าที่เหมาะสมต่อการนำไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำหลากสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ (Probable Maximum Flood: PMF) มากกว่าวิธีการเคลื่อนย้ายพายุฝน เนื่องจากโดยทั่วไปการออกแบบอาคารระบายน้ำล้นของเขื่อนของใหญ่ที่ต้องการความปลอดภัยสูง การประเมินปริมาณน้ำหลากจะพิจารณาในกรณีที่เกิดภาวะวิกฤติสูงสุด (Extreme Flood Event)

2. งานวิจัยต่างประเทศ

Alireza Lari and Arben Asllani [6] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบการบริหารต้นทุนคุณภาพ: เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพขององค์กร พบว่า ระบบต้นทุนคุณภาพเป็นตัววัดประสิทธิภาพสำหรับกระบวนการปฏิบัติงานที่สามารถส่งผลให้องค์กรมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และช่วยเสริมสร้างกระบวนการปฏิบัติงานในการปรับปรุงองค์กร และช่วยปรับปรุงกิจกรรมการบริการที่จะเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า และระบบการบริหารต้นทุนคุณภาพสามารถช่วยในกระบวนการตัดสินใจร่วมกับการรวบรวมและการวิเคราะห์ ให้กับฝ่ายบริหารใช้เป็นข้อเสนอแนะการออกแบบและปรับปรุงการกระบวนการปฏิบัติงานประสิทธิภาพและสามารถเชื่อมโยงระบบการบริหารมาตรฐานคุณภาพ ISO 9001 ด้านการจัดการคุณภาพให้กับองค์กรได้

การออกแบบของระบบการจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ (Design of Low-Voltage Power Distribution) ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำเป็นองค์ประกอบสำคัญของระบบไฟฟ้ากำลัง บทความนี้ได้ทำการวิเคราะห์และวิจัยระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำซึ่งมีพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เพื่อออกแบบระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำ ประการแรกเป็นการสรุปของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ มีการแนะนำอิทธิพลของการผลิตและการใช้ชีวิตของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ ประการที่สองรูปแบบการเชื่อมต่อและปรัชญาการออกแบบของระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงดันต่ำมีการศึกษาในรายละเอียดโดยเฉพาะอย่างยิ่งอาคารสูงระบบกระจายแรงดันต่ำสรุป

Bo Wang, Payman Dehghanian, Shiyuan Wang and Massimo Mitolo [7] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ กฎระเบียบด้านความปลอดภัยหลายประการ โดยเฉพาะการชาร์จไฟของยานพาหนะไฟฟ้า (EV) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยทางไฟฟ้าและป้องกันอุบัติเหตุอันตราย ซึ่งข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า EV (EVSE) และแบตเตอรี่ EV เป็นปัจจัย

ขับเคลื่อนหลักสองประการ ในปัจจุบัน การประเมินความปลอดภัยทางไฟฟ้าในเชิงปริมาณโดยพิจารณาจากสภาพการทำงานของสถานีชาร์จ EV ขนาดใหญ่ (EVCS) ยังคงเป็นความท้าทาย บทความนี้นำเสนอแนวทางแบบองค์รวมเพื่อประเมินความปลอดภัยทางไฟฟ้าของ EVCS ขนาดใหญ่ เมื่อใช้ควบคู่กับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งขับเคลื่อนโดยลำดับชั้นของกลไกควบคุมอันตราย แนวทางของเรามุ่งเน้นไปที่หัวข้อต่างๆ เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของ EVCS เป็นหลัก

C.K. Cheung, R. J. Fuller and M. B. Luther [8] ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิดพลังงานที่จำเป็นในการสร้างสภาพแวดล้อมที่สะดวกสบายในเมืองที่มีความหนาแน่นสูงในสภาพอากาศร้อนและชื้นมักต้องการการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากพร้อมกับภาระด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง เอกสารนี้อธิบายถึงแนวทางการออกแบบแบบผสมผสานเพื่อลดความต้องการการระบายความร้อนสำหรับอพาร์ทเมนต์สูงผ่านการออกแบบเปลือกอาคารที่ได้รับการปรับปรุง ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าสามารถประหยัดพลังงานทำความเย็นได้ 31.4% ต่อปีและ 36.8% ในภาระการทำความเย็นสูงสุดสำหรับอพาร์ทเมนต์ BASECASE ด้วยแนวทางนี้ อย่างไรก็ตามกลยุทธ์แฝงทั้งหมดให้ผลเล็กน้อยต่อภาระการทำความเย็นแฝงซึ่งมักจะน้อยกว่า 1%

Jardini J A, Tahan C M V, Gouvea M R, Ahn SU and Figueiredo F M [9] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การกำหนดเส้นโค้งการรับน้ำหนักของผู้บริโภคที่อยู่อาศัย เชิงพาณิชย์ และอุตสาหกรรมรายวัน โดยพิจารณาจากการวัดภาคสนามที่ดำเนินการโดยสาธารณูปโภคของพลังงานไฟฟ้าของรัฐเซาเปาโล ประเทศบราซิล วิธีการรวมของโหลดเหล่านี้เพื่อกำหนดโหลดที่คาดหวังในอุปกรณ์ในส่วนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าของเครือข่ายการกระจายโดยใช้กราฟตัวแทนรายวันของกิจกรรมของผู้บริโภคแต่ละรายและการใช้พลังงานรายเดือนของผู้บริโภคที่เชื่อมต่อ

José J, De G, Agüera-Pérez A, Palomares-Salas J C, Sierra-Fernández J M and Moreno-Muñoz A. (2012) [10] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การปฏิบัติงานของเครื่องมือเสมือน (VI) ที่ใช้เหตุผลตามกรณี (CBR) ซึ่งออกแบบมาเพื่อตรวจสอบคุณภาพกำลังไฟฟ้าทางออนไลน์ เครื่องมือที่ทำงานบนพีซีจะรับข้อมูลผ่านบอร์ด DAQ และโพรบส่วนต่าง ในขณะที่ยังคงความประหยัดด้วยการกำจัดการสร้างเครือข่ายและฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม มีความยืดหยุ่น แสดงอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและความจุข้อมูลขนาดใหญ่ เนื่องจากใช้ฮาร์ดดิสก์ การคำนวณของเครื่องมือนั้นอิงตามสถิติอันดับสามและสี่ (พร้อมกับความแปรปรวน) อนุกรมเวลาสามค่านี้ประกอบด้วยความแปรปรวน ความเบ้ และวิวัฒนาการของเคอร์โทซิส และถือเป็นการป้อนข้อมูลสามเท่าในโมดูล CBR ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งสามารถแยกแยะความผิดปกติทางไฟฟ้าในห้าหมวดหมู่ (ลำดับที่หกสงวนไว้สำหรับสัญญาณที่ดีต่อสุขภาพ): ไม่ใช่ -50Hz, 50-Hz-อสมมาตร, 50-สมมาตรไม่ใช่ไซนูซอยด์, บวมและลดลง การทดสอบการเฝ้าระวังออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นบนเครือข่ายไฟฟ้าในพื้นที่แสดงความแม่นยำที่ยอมรับได้ (96%)

Jerry J. Vaske, Jay Beaman and Carly C. Sponarski [11] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ อัลฟ่าของ Cronbach ประเมินความสอดคล้องภายในของการตอบสนองในระดับสองขั้วหลายรายการ บทความนี้ตรวจสอบคำถามการวิจัยสามข้อ (RQ): (1) มีความคลาดเคลื่อนในข้อมูลมากน้อยเพียงใด (เช่น คำตอบของ -2 –2 2 2) (2) จำนวนของมาตราส่วนมีผลต่อปริมาณของความไม่สอดคล้องกันหรือไม่? (3) มาสก์อัลฟาของ Cronbach ไม่สอดคล้องกันหรือไม่? ได้ข้อมูลจาก 29 โครงการวิจัย (n = 10,616) แบบสำรวจแต่ละครั้งมีคำถามเกี่ยวกับสถานที่ซึ่งประกอบไปด้วยสองแนวคิด ได้แก่ เอกลักษณ์ของสถานที่และการพึ่งพาสถานที่ ผู้ตอบถูกจัดประเภทว่าสอดคล้องหรือไม่สอดคล้องกันตามคำตอบของพวกเขาต่อคำถามที่แนบมากับสถานที่ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า: (a) มีรูปแบบการตอบสนองที่ไม่สอดคล้องกันในข้อมูล (RQ1), (b) จำนวนรายการมาตราส่วนที่มีอิทธิพลต่อปริมาณความไม่สอดคล้องกัน (RQ2) และ (c) อัลฟ่าปกปิดความไม่สอดคล้องกันเหล่านี้ (RQ3) การอภิปรายมุ่งเน้นไปที่ความหมายของการค้นพบเหล่านี้

L. Moreno-Díaz, E. Romero-Ramos, A. Gómez-Expósito, E. Cordero-Herrera, J. R. Rivero and J. S. Cifuentes [12] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำกำลังเข้ามามีบทบาทหลัก เนื่องจากมีการสร้างแบบกระจายจำนวนมาก ความท้าทายที่เกิดจากตัวดำเนินการใหม่เหล่านี้ ต้องการจากโมเดลเครือข่ายที่เชื่อถือได้ ซึ่งหมายถึงการรู้พารามิเตอร์โดยละเอียดซึ่งโดยปกติแล้วผู้ผลิตไฟฟ้าและไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบระบบสาธารณูปโภคไม่ได้ให้มาที่ระดับแรงดันไฟฟ้าเหล่านี้ เอกสารนี้ทำการประเมินเปรียบเทียบความถูกต้องจากรุ่นต่างๆ ที่นำมาใช้กับเครื่องป้อนไฟฟ้าแรงต่ำในการวิเคราะห์ระบบจำหน่าย โมเดลเหล่านี้ได้รับการประเมินสำหรับระดับต่างๆ ของความไม่สมดุลและการรุกรุ่นแบบกระจาย ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่อาจส่งผลต่อความแม่นยำของโมเดล ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการเลือกแบบจำลองที่มีความแม่นยำเพียงพอ ตลอดจนอิทธิพลของระบบกราวด์ที่เป็นกลาง (การแยกตัว การต่อสายดินอิมพีแดนซ์ หรือสายดินอย่างแน่นหนา) อาจมีความสำคัญในบางกรณี ข้อสรุปหลักคือการขาดโมเดลตัวป้อนแบบละเอียดสามารถหลีกเลี่ยงการระบุแรงดันและกระแสเกินขีดจำกัด

Holotaa,T.,Hrubeca,J., Kotusa,M., Holiencinovab, M. and Caposovac, E. [13] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การบริหารและการวิเคราะห์ต้นทุนคุณภาพ พบว่า การวิเคราะห์และการจำแนกต้นทุนในแต่ละกิจกรรมในองค์กรสามารถนำไปปรับปรุงคุณภาพลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพให้กับองค์กรได้ และสามารถวิเคราะห์ต้นทุน บริหารต้นทุนให้มีประสิทธิภาพ และมีกระบวนการดำเนินงาน กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับสภาวะสภาพการแข่งขันของเศรษฐกิจในปัจจุบัน ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ เกิดความเชื่อถือในตัวบริษัทและสินค้า ส่งผลต่อคุณภาพโดยรวมขององค์กร และเศรษฐกิจทางการเงินของบริษัท

M. A. Choudhry and W. Zada [14] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเทคนิคต่างๆ มากมาย เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าและลดต้นทุนในการจัดหาไฟฟ้าให้กับผู้บริโภค ในบทความนี้ จะนำเสนอเทคนิคง่ายๆ สำหรับการคำนวณความจุตัวประกอบกำลังในการตั้งค่าอุตสาหกรรม/เชิงพาณิชย์ขนาดกลาง โหลดต่างๆ ของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่คล้ายคลึงกันจะถูกจัดประเภทและเลือกปัจจัยความต้องการของโหลดเพื่อให้มีเหตุผลทางวิศวกรรม ระบบที่เสนอนี้ทำงานบนหลักการของการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแรงต่ำ ซึ่งช่วยลดค่าไฟฟ้าได้อย่างมากและเพิ่มความสามารถในการโหลดของระบบไฟฟ้า ช่วยให้ผู้บริโภคในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรมสามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้อย่างมาก งานนี้เสริมด้วยแอพพลิเคชั่นซอฟต์แวร์ ซึ่งใช้อินพุตเพียงเล็กน้อยและให้ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์มากมาย การใช้ระบบนี้ช่วยผู้ใช้ในการคำนวณความสามารถในการชดเชย ระบบ KVA (ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า) และต้นทุนการชดเชย คุณลักษณะของระบบนี้คือการคาดการณ์ค่าปรับ PF ต่ำ นอกจากนี้ยังแนะนำระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น

ต้นทุนด้านคุณภาพการประเมินการปรับลดค่าใช้จ่ายที่มีคุณภาพสำหรับกลยุทธ์การตรวจสอบของกระบวนการผลิต พบว่า ต้นทุนคุณภาพ เป็นกลยุทธ์การตรวจสอบคุณภาพการผลิต ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือต้นทุนการประเมิน ต้นทุนการตรวจสอบ ต้นทุนความผิดพลาด ซึ่งพบว่า ต้นทุนการตรวจสอบไม่สอดคล้องกับต้นทุนความผิดพลาด และต้นทุนการตรวจสอบเหมาะที่ใช้เป็นกลยุทธ์เพื่อบริหารต้นทุน และเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และมีส่วนช่วยในการพัฒนาด้านต้นทุนคุณภาพสำหรับการผลิต และเป็นกลยุทธ์ในการช่วยจัดการ วางแผนในการตัดสินใจในอนาคต เพื่อลดต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต และปรับปรุงคุณภาพของกระบวนการผลิตในอนาคตของอุตสาหกรรมเพื่อประเมินความถูกต้องของกรอบการทำงาน

Martin Lundmark [15] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ แนวคิดของโซนการออกแบบการติดตั้งแรงดันต่ำพิจารณาการแพร่กระจายของเสียงประสานความถี่สูง (The Zone Concept Design of Low-Voltage Installations Considering the Spread of High Frequency harmonics) การใช้พลังงานไฟฟ้าได้กลายเป็นกระดูกสันหลังของความทันสมัยสังคม ประกอบกับการเติบโตของการใช้ไฟฟ้าที่เป็นไปได้พลังงานเรายังเห็นการเติบโตของจำนวนอุปกรณ์และความสนใจการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแหล่งพลังงานอื่นๆ บริภัณฑ์ไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าพัฒนาต่อไปผลิตภัณฑ์ที่ประหยัดพลังงานและใช้เทคโนโลยีมากขึ้นในเวลาเดียวกันกับที่คุณภาพไฟฟ้าได้รับผลกระทบเช่นกันเร่งการใช้พลังงานอิเล็กทรอนิกส์ฮาร์มอนิกส์ (LF ฮาร์มอนิกส์ได้มากถึง ประมาณ 2 kHz) เป็นเรื่องสำคัญสำหรับทั้งวิศวกรและ นักวิจัย รวมถึงแหล่งกำเนิดผลกระทบและการแพร่กระจายของวิทยาศาสตร์เสียงดนตรีสถานการณ์ที่มีอยู่คือฮาร์โมนิกส์ HF (สูงกว่า 2 kHz) คือการทำหน้าที่ของประสานเสียง LF เป็นพื้นที่ของความกังวลในระบบไฟฟ้าเช่นเดียวกับอุปกรณ์สำหรับผู้ใช้ แรงผลักดันเบื้องหลังระดับฮาร์โมนิก HF ที่เพิ่มขึ้นนั้นเพิ่มขึ้นแนะนำผลิตภัณฑ์ประหยัดพลังงาน

และเทคโนโลยีขั้นสูงและแดกดันพอข้อ จำกัด ของฮาร์โมนิก LF ในหมู่คนอื่น ๆ ที่ใช้ตัวแปลงที่ใช้งานอยู่กลุ่มวิจัยที่ Lulea มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีซึ่งผู้เขียนวิทยานิพนธ์นี้เป็นหนึ่งในไม่กี่กลุ่มในโลกที่ได้ศึกษาแง่มุมต่าง ๆ ของฮาร์มอนิก HF ด้วยเหตุผลหลายประการได้รับการระบุสำหรับการขาดการวิจัยในเรื่องนี้ การพัฒนาด้านเทคโนโลยี การขาดการวัดที่เหมาะสมอุปกรณ์และที่สำคัญที่สุดคือความจริงที่ว่าเรื่องนี้ต้องมีปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ซึ่งเป็นหนึ่งในประเด็นหลักของความกังวลสำหรับ LF ฮาร์มอนิกส์ยังเป็นปัญหาของฮาร์โมนิกส์ HF ด้วยเช่นกันความถี่ที่สูงขึ้นซึ่งมีประสบการณ์และการวัดที่เหมาะสมอุปกรณ์หายไป ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ในความถี่นี้นักวิจัยคนอื่นได้รับการระบุว่ามีพิสัย แต่เกี่ยวข้องกับ DC การแจกจ่ายหรือเกี่ยวกับการทดสอบอุปกรณ์ Common โหมดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำ AC ในวิทยานิพนธ์นี้ในขณะที่มีการศึกษาการสั่นพ้องแบบดิฟเฟอเรนเชียลใน aโครงการคู่ขนานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงที่มาการแพร่กระจายผลกระทบและการรักษาฮาร์โมนิก HF เมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ทันสมัยการกระจายพลังงานแรงดันต่ำ คำอธิบายจะขึ้นอยู่กับความรู้ที่มีอยู่เกี่ยวกับ LF ฮาร์มอนิกส์และงานต่อเนื่องทั่วโลกบน EMC อุปกรณ์สำหรับผู้ใช้และการกระจายพลังงานหัวข้อของวิทยานิพนธ์ "แนวคิดของโซนการออกแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำพิจารณาการแพร่กระจายของฮาร์โมนิกความถี่สูง" ซึ่งได้เลือกให้เน้นย้ำถึงความต้องการแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้ากันได้และคุณภาพพลังงานสูง สิ่งนี้สามารถทำได้ผ่านการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ของผู้ใช้และบริภัณฑ์ไฟฟ้าการติดตั้ง ส่วนสำคัญในแนวคิดโซนคือข้อ จำกัดของการแพร่กระจายของฮาร์มอนิกส์ HF ผ่านตัวกรองอนุกรมซึ่งอาจเป็นพลังงานหม้อแปลงและผ่านองค์ประกอบปัดเพื่อป้องกันระดับสูงของรบกวนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื่องจากเสียงสะท้อนองค์ประกอบปัดดังกล่าวใกล้เคียงเส้นทางปัจจุบันโดยการลดความต้านทานใน HF ฮาร์มอนิกช่วงความถี่และสามารถช่วยในการป้องกันปรากฏการณ์ เรโซแนนซ์ด้วยแนะนำการสูญเสียที่ใช้งานมันแสดงให้เห็ นต่อไปในวิทยานิพนธ์นี้ว่าหลายวิธีที่จะจำกัด HF ฮาร์มอนิก เช่น หม้อแปลงสามารถใช้เพื่อ จำกัด ฮาร์มอนิก LF ข้อมูลจากสาขาวิชาวิศวกรรมต่าง ๆ อิเล็กทรอนิกส์ความเข้ากันได้ทางแม่เหล็ก ไฟฟ้า (EMC) และวิศวกรรมพลังงานไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้เห็นการเติบโตอย่างรวดเร็วในความสนใจในพื้นที่กับบริษัทและมหาวิทยาลัยหลายแห่งติดต่อกลุ่มของเรา

Monedero I, Leon C and Ropero J. [16] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การตรวจสอบคุณภาพไฟฟ้า (PQ) เป็นบริการที่จำเป็นซึ่งระบบสาธารณูปโภคจำนวนมากดำเนินการสำหรับลูกค้าอุตสาหกรรมและลูกค้าเชิงพาณิชย์รายใหญ่ การตรวจจับและจำแนกการรบกวนทางไฟฟ้าที่แตกต่างกันซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหา PQ เป็นงานที่ยากซึ่งต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมระดับสูง บทความนี้นำเสนอระบบใหม่ที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจำแนกการรบกวนทางไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนาเครื่องกำเนิดรูปแบบไฟฟ้าเพื่อสร้างสัญญาณรบกวนทั่วไปซึ่งสามารถพบได้ในโครงข่ายไฟฟ้า ตัวแยกประเภทได้รับผลลัพธ์ที่ยอดเยี่ยม (สำหรับทั้งรูปแบบการทดสอบและการ

ทดสอบภาคสนาม) ส่วนหนึ่งเป็นเพราะการใช้เครื่องกำเนิดนี้เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม ระบบประสาทถูกรวมเข้ากับเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับพีซีที่มีฮาร์ดแวร์เชื่อมต่อสำหรับการรับสัญญาณ เครื่องมือนี้ทำให้สามารถตรวจสอบสัญญาณที่ได้รับและการรบกวนที่ระบบตรวจพบได้

Md. Ashiquzzaman, Kazi Farjana Nasrin, Tuhin Ahmed and Md. Neamul Bari Masum [18] ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิด การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าที่ทันสมัยของอาคารสูงโดยใช้ระบบเดินสายไฟ Busbar Trucking ที่เสนอและระบบวิเคราะห์ความผิดพลาดสำหรับมุมมองของบังคลาเทศ เป็นวารสารระหว่างประเทศของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สหสาขาวิชา 9, ไม่ 6, มิถุนายน 2018 [ISSN: 2045-7057] www.ijmse.org 24 บทคัดย่อ - ในงานวิจัยนี้เพื่อสร้างการออกแบบไฟฟ้าที่ทันสมัยและการติดตั้งอุปกรณ์ของอาคารสูงสองเครื่องใหม่ได้รับการเสนอ สิ่งแรกคือการใช้ระบบ Busbar Trucking (BBT) สำหรับสายการกระจายหลักแทนระบบการเดินสายทั่วไปเพื่อให้การป้องกันที่สูงขึ้นมากระบวนการติดตั้งง่ายลดต้นทุนเวลาพื้นที่และการจัดการบำรุงรักษา ประการที่สองคือการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดอย่างต่อเนื่องและการตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์ SICAM Q100 ซึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงเพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัยยิ่งขึ้นสำหรับการตรวจสอบคุณภาพพลังงานที่จะได้รับภาพวิเคราะห์และส่งตัวแปรไฟฟ้าที่วัดเช่นกระแส AC แรงดันไฟฟ้า AC ความถี่พลังงาน ฮาร์โมนิกส์ ฯลฯ ตัวแปรที่วัดได้สามารถส่งออกไปยังคอมพิวเตอร์หรือศูนย์ควบคุมผ่านทางการติดต่อสื่อสารหรือแสดงบนจอแสดงผล มีการวาดภาพไฟฟ้าทั้งหมดใน AutoCAD สถานีย่อยทั้งหมดสำหรับอาคารสูงได้รับการออกแบบตามภาระการคำนวณของอาคาร สำหรับการป้องกันอาคาร MCB และ MCCB ที่เหมาะสมซึ่งได้รับการติดตั้งตามปริมาณงาน เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากไฟไหม้เครื่องตรวจจับอัคคีภัยและระบบเตือนภัยพร้อมติดตั้งระบบประปาทันที การเชื่อมต่อไฟฟ้าทั้งหมดได้รับการออกแบบตามรหัสแห่งชาติอาคารบังคลาเทศ 2014 (BNBC)

ในระบบพลังงานไฟฟ้า อาจมีการรบกวนในแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและกระแสโหลดที่ผู้ใช้ดึงออกมา การรบกวนเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อความถี่และแอมพลิจูดไม่เท่ากับค่าที่ระบุที่สอดคล้องกันเมื่อมีรูปคลื่นที่ไม่ใช่ไซน์ และเมื่อมีองค์ประกอบเชิงลบและลำดับศูนย์ในระบบสามเฟส คุณภาพกำลังไฟฟ้า (PQ) เป็นนิพจน์ทั่วไปที่ใช้ในการอธิบายลักษณะการรบกวน เอกสารนี้นำเสนอภาพรวมของวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในปัจจุบันในการวัด PQ และกิจกรรมการวิจัยบางอย่างเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

Nadtoka I I, Pavlov A V and Novikov S I. [18] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ องค์กรออกแบบใช้โหลดเฉพาะเชิงบรรทัดฐานในการคำนวณพลังงานที่ใช้โดยอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ แนวปฏิบัติในการสร้างและใช้งานระบบจ่ายไฟในเมืองได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีส่วนใหญ่โหลดจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณได้ 1.5–2 เท่า จำเป็นต้องมีการแก้ไขค่าโหลดมาตรฐานโดยพิจารณาจากการวัดโปร

ไฟล์กำลังในการทดลอง เครือข่ายเคเบิลที่สร้างขึ้นใหม่และสถานีหม้อแปลงไฟฟ้า 10/0.4 kV อันที่จริงแล้วกลายเป็น underloaded ยิ่งไปกว่านั้น การโหลดที่น้อยเกินไปนี้ทำให้หม้อแปลงแทบไม่ทำงานที่ 50% ของความจุในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด การตายของการลงทุนสำหรับบริษัทโครงข่ายไฟฟ้านั้นชัดเจน เนื่องจากหลังจากการพัฒนาไซต์งานที่ใกล้ที่สุด แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะเชื่อมต่อผู้บริโภครายใหม่องค์กรออกแบบใช้โหลดเฉพาะเชิงบรรทัดฐานในการคำนวณพลังงานที่ใช้โดยอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ แนวปฏิบัติในการสร้างและใช้งานระบบจ่ายไฟในเมืองได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีส่วนใหญ่โหลดจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณได้ 1.5–2 เท่า การโหลดที่น้อยเกินไปนี้ทำให้หม้อแปลงแทบไม่ทำงานที่ 50% ของความจุในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด มีการลงทุนที่สูงเกินการพัฒนาให้เกิดความเที่ยงตรงแม่นยำในส่วนรายการคำนวณโหลดทางไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ [19]

Nina Zheng Khanna, Jin Guo and Xinye Zheng. [20] ความต้องการไฟฟ้าที่อยู่อาศัยของจีนเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมาและจากการคาดการณ์ว่าจะเติบโตอย่างต่อเนื่องการจัดการด้านอุปสงค์ (DSM) สามารถมีส่วนสำคัญในการลดความต้องการไฟฟ้า ด้วยการใช้ข้อมูลระดับจุลภาคที่รวบรวมจาก 1450 ครัวเรือนใน 27 ผลการสำรวจการใช้พลังงานที่อยู่อาศัยของจีนครั้งแรกในปี 2555 การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์เชิงประจักษ์เพื่อประมาณผลกระทบของมาตรการ DSM สามประการ ได้แก่ การกำหนดราคาไฟฟ้าในครัวเรือนตามลำดับขั้นโปรแกรมฉลากพลังงานของจีนและ กลไกการตอบรับข้อมูล เราพบว่ามาตรการเหล่านี้มีส่วนในการควบคุมการเติบโตของความต้องการไฟฟ้าที่อยู่อาศัย แต่จำเป็นต้องมีการปฏิรูปนโยบายเพิ่มเติมและเครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิผลและผลกระทบ ความต้องการไฟฟ้าที่อยู่อาศัยพบว่าเป็นราคาและรายได้ที่ไม่ยืดหยุ่นและการกำหนดราคาแบบฉัตรเพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้ผลในการอนุรักษ์ไฟฟ้า ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพของ China Energy Label แต่ไม่ใช่โทรทัศน์และการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยที่ลดลงสะท้อนถึงประสิทธิผลของโปรแกรมแบบผสม สุดท้ายของความคิดเห็นของข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันผ่านค่าไฟฟ้าความถี่ในการชำระเงินและมิเตอร์มีเพียงเครื่องอ่านมิเตอร์เท่านั้นที่คาดว่าจะมีนัยสำคัญทางสถิติ มีการระบุผลกระทบเชิงนโยบายและคำแนะนำที่สำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงมาตรการ DSM ทั้งสามนี้เพื่อขยายผลกระทบต่อการลดการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัย

การออกแบบทางวิศวกรรมเกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสัญชาตญาณและข้อมูลเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดไปสู่ความเป็นจริงตามวัตถุประสงค์เฉพาะ ปัญหาโดยธรรมชาติคือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการออกแบบจะส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบใด ๆ เนื่องจาก Reliability ของระบบได้รับผลกระทบในทุกขั้นตอนในการผลิต ข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ได้มาจากการสัมภาษณ์โดยตรงการใช้แบบสอบถามและการทบทวนตัวอย่าง บทความนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการทบทวนการออกแบบในระยะแรกเพื่อค้นหาข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ลดความ

เสี่ยงของข้อบกพร่องดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าตรงตามข้อกำหนดด้านความทนทานอย่างปลอดภัยใช้งานได้และคุ้มค่า 94% ของการออกแบบที่ตรวจสอบมีข้อบกพร่องอย่างน้อยหนึ่งข้อในขณะที่นักออกแบบประมาณ 33% ไม่ทราบถึงความจำเป็นในการตรวจสอบการออกแบบ

การก่อสร้างโรงพยาบาลขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์โหลดไฟฟ้าอย่างรอบคอบเพื่อให้มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความพร้อมในการให้บริการแม้ในสภาวะวิกฤต นอกจากนี้ ระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลที่ซับซ้อน มีโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนมาก ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า (PQ) อย่างมีนัยสำคัญ และสูญเสียความบริสุทธิ์ของรูปคลื่นของวัสดุสิ้นเปลือง แรงดันตกและบวมอาจทำให้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนล้มเหลว ปิดเครื่อง และสร้างความไม่สมดุลของกระแสขนาดใหญ่ ผลกระทบเหล่านี้อาจทำให้ลูกค้าเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากและทำให้อุปกรณ์เสียหาย ดังนั้น เพื่อที่จะให้บริการของโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่องและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่แตกต่างกัน การกระจายพลังงานแอคทีฟและรีแอกทีฟที่ถูกต้องจะต้องเป็นที่ทราบกันดี เพื่อจุดประสงค์นี้ การวิเคราะห์การไหลของโหลดบนเครือข่ายแรงดันปานกลางและแรงดันต่ำทำให้สามารถกำหนดโปรไฟล์แรงดันไฟฟ้าในบัสทั้งหมดของระบบ และด้วยเหตุนี้กระแสไฟที่ใช้งานและรีแอกทีฟและกระแสไฟลัดวงจรในสาขาต่างๆ เอกสารนี้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลโดยเริ่มจากการจำแนกโหลดไฟฟ้า จากคำจำกัดความของเครือข่ายทอพอโลยีและการคำนวณการไหลของโหลด เพื่อให้แน่ใจว่ามีการกระจายพลังงานแอคทีฟและรีแอกทีฟที่ถูกต้อง และความสมดุลที่แท้จริงในแง่ของการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ความแปรผันที่มีนัยสำคัญของแรงดันไฟฟ้าที่เกินขีดจำกัดนั้นเกิดจากกระแสพลังงานปฏิกิริยาขนาดใหญ่และฮาร์โมนิกบนเครือข่าย ซึ่งอาจทำให้สูญเสียแรงดันไฟฟ้า นอกเหนือจากการสูญเสียพลังงานจำนวนมาก โหลดไฟฟ้าที่ไม่สมดุลสูงอันเนื่องมาจากการใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าทางการแพทย์ที่ไม่ต่อเนื่องอาจทำให้เกิดพฤติกรรมที่คาดเดาไม่ได้ในเครือข่าย เพิ่มความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนที่สุดและการหยุดชะงักโดยไม่คาดคิดและไม่คาดคิด บทความนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากสำหรับวิศวกร ช่างเทคนิค และนักออกแบบ เพราะสามารถเป็นเครื่องมือในการจัดทำโครงการออกแบบไฟฟ้าที่ดีได้

R. Amir [21] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการต้นทุนและความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในมาเลเซีย จากมุมมองของทรัพยากร เรายืนยันว่าการจัดการต้นทุนเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการต้นทุนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ของ SME การวิเคราะห์เพิ่มเติมแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการต้นทุนกับความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ของ SMEs

ซึ่งอาศัยความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ การศึกษานี้มีส่วนทำให้เกิดความเข้าใจถึงผลกระทบของวิธีปฏิบัติในการบริหารต้นทุนและการเป็นผู้ประกอบการต่อความสามารถในการแข่งขันของ SME ในลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์

Rodolfo Araneo, Payman Dehghanian and Massimo Mitolo [22] ได้ศึกษาเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการวิชาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยซึ่งสามารถสอน เรียนรู้ และดำเนินการวิจัยได้ การแบ่งปันหลักการทั่วไป การป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นและการบาดเจ็บที่ใกล้จะเกิดขึ้นเป็นเป้าหมายพื้นฐานของสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ อภิปรายถึงความท้าทายต่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการทางวิชาการสมัยใหม่ ซึ่งผู้ใช้อาจสัมผัสกับแรงดันไฟฟ้าสัมผัสที่เป็นอันตราย

Sinan APAK and Sami ERCAN [23] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประสานกระบวนการผลิตและการจัดหากระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพในสถานประกอบการอุตสาหกรรม มาตรการแรกที่จะต้องดำเนินการคือการใช้การพัฒนาร่วมสมัยที่เหมาะสมกับโครงสร้างขององค์กร เพื่อให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมประสบความสำเร็จ ควรกำหนดระบบต้นทุนในแต่ละระบบการผลิตและจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ระบบการจัดการต้นทุนเป็นพื้นฐานคือการช่วยเพิ่มผลกำไรสูงสุดขององค์กร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ องค์กรร่วมสมัยควรเตรียมพร้อมสำหรับอนาคตด้วยการต่ออายุตัวเองอย่างต่อเนื่องตลอดจนแข่งขันภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน สถานการณ์การแข่งขันที่รุนแรงของโลกปัจจุบันและวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ค่อยๆ สั้นลง บังคับให้องค์กรต่างๆ บรรลุวัตถุประสงค์ด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพไปพร้อม ๆ กัน สถานการณ์ดังกล่าวทำให้ผู้ประกอบการต้องออกสู่ตลาดผลิตภัณฑ์ของตนด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า คุณภาพที่สูงขึ้น และรวดเร็วกว่าคู่แข่ง เพื่อตอบสนองความต้องการและความต้องการของลูกค้า ความสำเร็จนี้สามารถเกิดขึ้นได้โดยใช้ระบบต้นทุนที่ทันสมัย ในการผลิต การศึกษานี้ตรวจสอบการใช้การพัฒนาร่วมสมัยในการบัญชีต้นทุนในการจัดการต้นทุนเชิงกลยุทธ์

Tatietse T T, Villeneuve P, Ngundam J and Kenfack F. [24] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าจากประชากรจำนวนมากยังคงถูกจำกัดในเมืองของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมาตรฐานเกี่ยวกับพลังงานที่ติดตั้งและการบริโภคไม่เหมาะกับระดับของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ครัวเรือนเป็นเจ้าของ ในบทความนี้ แคเมอรูนได้เสนอวิธีการประเมินความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ที่อยู่อาศัยจริงในด้านไฟฟ้า แนวทางนี้ขึ้นอยู่กับการกำหนดลักษณะ จำนวน และกำลังของเครื่องใช้ตลอดจนระยะเวลาการทำงาน วิธีการใช้คือการสำรวจที่จัดการให้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของครัวเรือนแบบสอบถามโดยละเอียดจะประเมินการบริโภคเฉพาะและกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง และยังใช้ในการสร้างเส้นโค้งการรับน้ำหนักของครัวเรือนอีกด้วย ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันไปตามขนาดของเมือง และภายในเมือง ไปจนถึงรายได้ของครัวเรือน พลังงานเฉลี่ยที่ใช้ต่อที่อยู่อาศัยคิดเป็นน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าที่กำหนดโดยบรรทัดฐานปัจจุบัน หากดำเนินการ วิธีการดังกล่าวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลงทุนและการดำเนินงานของเครือข่าย กราฟโหลดที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็น

ว่ากำลังขับสูงสุดถูกบันทึกในตอนเย็น และความต้องการในครัวเรือนนั้นคิดเป็นส่วนใหญ่ กลยุทธ์ที่เสนอนี้จะช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงน่าสนใจสำหรับประชากรในเมืองที่ยากจน

Yong-Jung Kim, Woo-Yong Jeong and Hyosung Kim [25] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การทดลองสำหรับระยะการดับส่วนโค้งของกระแสตรงแบบหักล้างได้ดำเนินการในกรณีที่มีระดับกำลังโหลดและแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย จากผลการทดลอง ได้เสนอวิธีการประมาณค่าระยะการดับอาร์ค มีการตรวจสอบแล้วว่าวิธีการที่เสนอสามารถประมาณระยะการดับอาร์คของอาร์คหักกระแสตรงได้อย่างแม่นยำแม้ในสภาวะแหล่งต่างๆ

Yu I Soluyanov [26] ได้ศึกษาเกี่ยวกับ องค์กรที่มีการออกแบบใช้โหลดเฉพาะเชิงบรรทัดฐานในการคำนวณพลังงานที่ใช้โดยอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ แนวปฏิบัติในการสร้างและใช้งานระบบจ่ายไฟในเมืองได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีส่วนใหญ่โหลดจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณได้ 1.5–2 เท่า จำเป็นต้องมีการแก้ไขค่าโหลดมาตรฐานโดยพิจารณาจากการวัดโปรไฟล์กำลังในการทดลอง เครือข่ายเคเบิลที่สร้างขึ้นใหม่และสถานีหม้อแปลงไฟฟ้า 10/0.4 kV อันที่จริงแล้วกลายเป็น Underloaded ยิ่งไปกว่านั้น การโหลดที่น้อยเกินไปนี้ทำให้หม้อแปลงแทบไม่ทำงานที่ 50% ของความจุในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด การตายของการลงทุนสำหรับบริษัทโครงข่ายไฟฟ้านั้นชัดเจน เนื่องจากหลังจากการพัฒนาไซต์งานที่ใกล้ที่สุด แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะเชื่อมต่อผู้บริโภครายใหม่

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า กรณีศึกษา สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า ที่เป็นอาคารสูง ในประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

3.1 กลุ่มตัวอย่างประชากร

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ

3.4 การเก็บรวบรวม การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.6 การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.1 กลุ่มประชากรตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า $\geq$ 1000 kVA หรือ $\geq$ 12kV ที่ 3 Phase ตามข้อกำหนด พรบ.สภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร ทั้งนี้หากอาคารห้างสรรพสินค้าหรืออาคารขนาดใหญ่หรือหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษหรืออาคารต่างๆ ก็จะมีหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารนั้นๆ มีขนาดหม้อแปลง $\geq$1000kVA ก็สามารถนำมาพิจารณาได้ เนื่องจากหม้อแปลงจะมีด้านปฐมภูมิที่มีแรงดัน $\geq$ 12kV ซึ่งเป็นไปตาม พรบ.สภาวิศวกร

2. ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลวันเสาร์ หรือ วันอาทิตย์ ในช่วงเวลา 11.00 -20.00 น. หรือ ช่วงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงๆ

3. พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาคารห้างสรรพสินค้าและศูนย์การค้าในประเทศไทยรวมทั้งสิ้นในประเทศไทยจำนวน 1,027 แห่ง จากข้อมูลวิกิพีเดีย เนื่องจากทุกอาคารจำเป็นต้องมีหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคาร

การหากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยของข้อมูลอาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทย ที่เป็นอาคารขนาดใหญ่หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษสามารถหากลุ่มตัวอย่างที่เป็นจำนวนอาคารห้างสรรพสินค้าที่สามารถใช้จำนวนของหม้อแปลง ซึ่งในการวิจัยฯ จะเน้นเรื่องผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและ

ความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นจำนวนหม้อแปลงที่เข้าข่ายความเชื่อถือของข้อมูลอย่างเต็มที่ ซึ่งสามารถคิดจำนวนกลุ่มตัวอย่างเพื่อกำหนดการสุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน โดยมีข้อกำหนดของการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้จำนวนของอาคารห้างสรรพสินค้าและศูนย์การค้า ในประเทศไทย อาคารห้างสรรพสินค้า จำเป็นต้องมีหม้อแปลงมากกว่า 1 ตัว เพื่อเป็นการสำรองหรือการทดแทนการใช้งาน กรณีที่หม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งเสีย หรือ ไม่สามารถทำงานได้ หรือ เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดเสียหาย ดังนั้นสามารถคิดจำนวนหม้อแปลงเป็น 2 เท่าของจำนวนอาคารห้างสรรพสินค้า ไว้ที่ 1,027 x 2 = 2,054 ตัว โดยใช้การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบบทราบจำนวนประชากร ใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Taro Yamane, 1973)

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

เมื่อ	n = จำนวนตัวอย่างที่ต้องการของหม้อแปลงไฟฟ้า

N = จำนวนของหม้อแปลงไฟฟ้า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า

กำหนดให้ N = 2,054 ตัว e = 0.05

n = N / (1 + Ne2)

= 2,054 / {1 + (2,054 x 0.05 x 0.05)}

= 2,054 / {1 + 5.14}

= 2,054 / 6.14

= 334.5 ตัวอย่าง

ดังนั้นในการวิจัยจะขอเลือกเป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต้องทำการสำรวจสอบถาม โดยต้องมีจำนวนมากกว่า 334.5 หรือ 335 ตัวอย่าง ทั้งนี้การวิจัยครั้งนี้จะให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของหม้อแปลงมากกว่า 335 ตัว ซึ่งจะได้เป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรทั้งหมดของอาคารห้างสรรพสินค้าตามสูตรรายการคำนวณกลุ่มตัวอย่างประชากรของทาโร ยามาเน

กลุ่มตัวอย่างประชากร ได้รับสนับสนุนข้อมูลจากกลุ่มอาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีผู้บริหารดำเนินนโยบายให้วิศวกรไฟฟ้า หรือ ช่างไฟฟ้าดูแลตามแต่ละอาคารห้างสรรพสินค้า โดยช่วยให้ข้อมูลสำหรับการทำแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เป็นอย่างดี เนื่องจากมีผู้บริหารของบริษัทต่างๆ เห็นถึงความสำคัญและผลที่จะได้ประโยชน์ต่องานด้านวิศวกรรม และสะดวกในการให้ข้อมูลเนื่องจากผ่าน google form

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล จากการเก็บข้อมูลแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล ที่มีอยู่ชองแต่ละอาคารฯ ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล 15 กุมภาพันธ์ 2563 – 31 กรกฎาคม 2565 การทวนสอบผลการเก็บข้อมูล เพื่อตรวจสอบความถูกต้องข้อมูล 16 มิถุนายน – 15 สิงหาคม 2565 ระยะเวลาในการวิจัย 1 มกราคม 2563 – 31 สิงหาคม 2565

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

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

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับประเภทองอาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีขนาดหม้อแปลงตั้งแต่ $\geq$ 1000 kVA หรือ $\geq$ 12kV ที่ 3 Phase การแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ เช่น ชื่อ อายุ ตำแหน่ง ของผู้ให้ข้อมูล ทำเล (ใกล้ถนนใหญ่ ใกล้รถไฟฟ้า เป็นต้น)

ตอนที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิค ที่เกี่ยวกับรายละเอียดทางเทคนิค ดังนี้

1. จำนวนอาคาร ประเภท ขนาดและจำนวนของหม้อแปลง เพื่อให้ทราบถึงพิกัดความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของหม้อแปลงในอาคารห้างสรรพสินค้า

2. ขนาดของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ การตั้งค่าของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อให้ทราบรายละเอียดทางเทคนิคของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ว่ามีพิกัดความสามารถในการทำงานเพื่อป้องกันกระแสไฟเกิน กระแสไฟลัดวงจร และกระแสไฟรั่ว ให้เกิดความปลอดภัยสำหรับชีวิตและทรัพย์สินภายในอาคารห้างสรรพสินค้าฯหรือแนวโน้มการทำงานที่สัมพันธ์กันทั้งระบบไฟฟ้าของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกๆ ตัวในอาคารห้างสรรพสินค้า

3. พิกัดการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวม หรือพลังงานไฟฟ้าโดยรวม หรือกระแสใช้งานที่ตัวเมน เพื่อดูการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมของทั้งอาคาร จากมิเตอร์ที่ทำการวัดค่า หรือจากมิเตอร์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อให้ทราบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า

4. จำนวนการใช้คาปาซิเตอร์ จากจำนวนทั้งหมดที่ติดตั้งคาปาซิเตอร์ คาปาซิเตอร์ หรือ คาปาซิเตอร์แบงค์ เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า เป็นการช่วยลดภาระให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับโหลด ทำให้ระบบไฟฟ้าโดยรวมมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและลดการสูญเสียในระบบไฟฟ้า

ตอนที่ 3 ขอความคิดเห็น เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานคร เพื่อสำรวจความรู้ความเข้าใจ และความคิดเห็นด้านความเหมาะสมของผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้า ให้เห็นถึงพิกัด

ความสามารถของหม้อแปลง เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ เพื่อประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปรับตั้งค่าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับชีวิตและทรัพย์สินของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ

โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ และส่งลิงค์ แบบฟอร์มฯ ที่เป็นแบบ Google Form online ผ่าน Line Application

Link:https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSdXXU9iWLHmgz5UfPHySoumdhWS4pFycNsqd-gna_WC6Cq_4Q/viewform?usp=sf_link

3.3 การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ

ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปริมาณ ตามหลักการทางวิศวกรรมและทางสถิติ มาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การติดตั้ง และการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าฯเพื่อนำมาเป็นข้อกำหนดในการจัดทำแบบฟอร์มฯ

2. จัดทำแบบฟอร์มฯ การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม หรือพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า โดยพิจารณาเนื้อหาให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ความมุ่งหมาย และสมมติฐานในการวิจัย

3. นำแบบฟอร์มฯ เก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม หรือพิกัดกระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน ที่สร้างขึ้นมาตามกรอบแนวคิดเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความถูกต้องของการใช้ภาษาและครอบคลุมเนื้อหาของงานวิจัย เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำ

4. ปรับปรุงแก้ไขแบบฟอร์มฯ ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและครอบคลุมเนื้อหาของการวิจัยประกอบด้วย

4.1รองศาสตราจารย์.ดร.อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ประธานกรรมการสอบ

4.2 รองศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล กรรมการสอบและที่ปรึกษาฯ

4.3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพรรณ วัฒนะ กรรมการสอบ

4.4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์ กรรมการสอบ

4.5 อาจารย์ ดร.บัญชา วัฒนะ กรรมการสอบ

3.4 การเก็บรวบรวม การจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวม การจัดการข้อมูลเป็นส่วนหนึ่งในคุณสมบัติของ google form ที่สามารถเก็บรวบรวมข้อมูล และสามารถนำข้อมูลดังกล่าวมาจัดการข้อมูล เพื่อจะนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการใช้โปรแกรม SPSS สำหรับการวิเคราะห์ในส่วนของค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบน (S.D)

เนื่องด้วยการส่งแบบฟอร์มฯ เป็นแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form และ Line Application ดังนั้นการเก็บรวมรวมข้อมูลจากแบบฟอร์มที่เป็นแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form เป็นกระบวนการในการเก็บรวมรวมข้อมูลในตัวแบบอัตโนมัติ จึงเป็นสิ่งที่สะดวกรวดเร็วมากๆ และสามารถได้ข้อมูลแบบ real time ในการเก็บรวบรวม จัดการ และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้หลักการทางสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การใช้สถิติพื้นฐาน โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences: SPSS ซึ่งมีรายละเอียดในการหาค่าต่างๆ ดังนี้

1. การนำข้อมูลมาแยกแยะ และการเปรียบเทียบ เป็นค่าร้อยละ (Percentage) คือ สัดส่วน เมื่อเทียบต่อ 100 การคำนวณก็ทำได้ง่าย โดยเอา 100 ไปคูณสัดส่วนที่ต้องการหาผลลัพธ์ก็จะออกมาเป็นร้อยละ หรือเปอร์เซนต์ และการจัดทำลำดับของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า มาเทียบเป็นค่าร้อยละระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของอาคาร มาเปรียบเทียบกับพิกัดความสามารถในการจ่ายกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั้ง Ampere trip: AT และ Ampere frame: AF

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

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

3. ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ของ Ronald Walpole, Raymond Myers และ Sharon Myers [27] เป็นค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติ เพราะเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่าค่าพิสัย และค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย ทั้งนี้ค่าความแปรปรวน (Variance: σ2) ซึ่งค่าความแปรปรวนของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่ได้นำมาใช้เนื่องจากมีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบน โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนจะเป็นรากที่สองของค่าความแปรปรวน

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

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

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

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

3.5 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

1 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้วยทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

1.1 T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อคุณต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกับสมมติฐานหลักหรือค่าเป้าหมายโดยการใช้ 1 sample t-test โดยการพิจารณาค่า t-test หรือ P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น สามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มตัวอย่างด้วย 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

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

1.2 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 เพื่อชดเชย

ปรากฏการณ์ดังกล่าว ดังนั้นสมการในการหาค่า Sample Standard Deviation ตัวหารหรือ Degree of Freedom จึงเท่ากับจำนวนตัวอย่างลบด้วย 1 เสมอ แต่ถ้าหากว่าเรามิได้มีจุด ประสงค์จะนำค่า s ไปประมาณค่า (s) หรือพูดง่ายๆคือเราแค่อยากอธิบายข้อมูลของตัวอย่างที่เก็บมาเท่านั้น ไม่ได้เอาไปคาดการณ์ค่า Population Parameter เราก็ไม่จำเป็น ต้องลดตัวหารลงแต่อย่างใด

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

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

2.การตรวจสอบคุณภาพและทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มตัวอย่างอื่น เพื่อการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้เลือกกลุ่มประชากรเพิ่มเติมอีกหนึ่งกลุ่ม ตามหลักการในการตรวจสอบเพื่อเป็นการทวนสอบผลการวิจัย หรือการตรวจสอบผลทางด้านวิศวกรรม ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำกลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน หรือกลุ่มที่มีพฤติกรรมที่มีนัยสำคัญมาเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานในสถานพยาบาลในเวลาเดียวกันนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saidur, R., Hasanuzzaman, M., Yogeswaran, S., Mohammed, H. A. , And Hossain, M. S. [28] ในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับกลุ่มที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณที่สูงๆ หรือถือได้ว่าเป็นส่วนวิกฤติทางวิศวกรรมก็ต้องถือว่าในสถานพยาบาลเป็นส่วนที่มีความวิกฤติที่สุดในหลายๆกลุ่ม การออแบบระบบไฟฟ้าจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการออกแบบให้เพียงพอกับการใช้งาน โดยการออกแบบก็จะมีส่วนคล้ายๆ กันตามหลักกาพื้นฐานของการออกแบบระบบไฟฟ้า แต่ก็จะมีการเผื่อการใช้งานแบบเต็มพิกัดไว้ หรือ การเผื่อการใช้งานในอนาคต ซึ่งในเป็นปกติของการออกแบบ ผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรสำหรับสถานพยาบาลที่ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกลุ่มสถานพยาบาล ที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยในแต่ละสถานพยาบาลจะมีจำนวนหลายอาคารในสถานพยาบาล มีสถานพยาบาลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรตามรายชื่อสถานพยาบาลดังนี้

1) โรงพยาบาลรามาธิบดี

2) ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุ ชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาด

โดยทั้ง 3 สถานพยาบาล ผู้วิจัยได้ขอแจ้งและประสานทางวิศวกรผู้ดูแลอาคารให้เข้าไปสำรวจและบันทึกข้อมูลทางเทคนิคในช่วงสถาณการณ์โควิด

ผู้วิจัยไม่ได้เลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับบ้านเรือนเป็นกลุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เนื่องจากบ้านโดยทั่วไปมีการใช้งานโดยการระบุเลือกมิเตอร์ขนาดเล็กๆ เหมือนแต่ละมิเตอร์ประจำห้องของอาคารห้างสรรพสินค้าสำหรับใช้ไฟฟ้า ไม่มีหลักการคำนวณเหมือนในส่วนของอาคาร และในส่วนของอาคารประเภทอื่นๆ ที่จะมีการรวมหลายๆห้อง รวมเป็นหลายๆชั้น และแต่ละชั้นรวมเป็นเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อหาขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งสำหรับบ้านปกติในโครงการก็ตามจะไม่มีการใช้งานปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในเกณฑ์สูงเท่า ซึ่งในส่วนสถานพยาบาลจะมีหลักการในการคิดคำนวณออกแบบเหมือนกันกับในส่วนอาคารห้างสรรพสินค้า และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณสูงมาก และสูงมากๆในช่วงภาวะการโควิด

3. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้ง 7 ท่านที่หลากหลายด้าน เช่น คณะผู้ร่างมาตรฐานฯ คณาจารย์ ผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาติดตั้ง การไฟฟ้าฯ เป็นต้น ผู้วิจัยได้ทราบข้อมูลสำหรับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางโดยตรง ที่ได้รวบรวมผู้เชี่ยวชาญในส่วนภาคการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญที่จัดทำมาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคารห้างสรรพสินค้า ผู้เชี่ยวชาญจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐที่มีความชำนาญในการออกแบบงานส่วนภาครัฐ โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งสิ้น 7 ท่าน มาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เบ้าธรรม, 2558: 114) และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินฯและการตรวจสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งของอาคารห้างสรรพสินค้าและกลุ่มตัวอย่างสถานพยาบาล เพื่อให้ได้รับคำแนะนำดีๆ ที่สำคัญสำหรับงานวิจัย

$$\text{สูตรการคำนวณค่า IOC} = \frac{\text{ผลรวมคะแนน}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}} \quad \text{หรือ} \quad \text{IOC} = \frac{\Sigma x}{N}$$

IOC	คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา
X	คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ
Σx	คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
N	คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

3.6 การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า

การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือ เป็นกำลังสูญเสียทางไฟฟ้า (Power Loss) หม้อแปลงมีกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าอยู่ 2 ส่วน คือ

กำลังสูญเสียไฟฟ้าไม่มีโหลด คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลง (Core Loss) เมื่อใช้งานหม้อแปลงที่แรงดันพิกัด โดยที่ขดลวดทุติยภูมิเปิดวงจรไว้ กำลังสูญเสียไฟฟ้า

ที่เกิดขึ้นสาเหตุจาก Eddy Current Loss และ Hysteresis Loss ซึ่งค่า No Load Loss นี้มีค่าคงที่ที่แรงดันพิกัดและความถี่พิกัด

กำลังสูญเสียไฟฟ้ามีโหลด (Load Loss) คือ กำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด ซึ่งค่า Load Loss นี้จะแปรตาม I2R หรือ (kVA) ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss Transformer ทั้งการลด No Load Loss และ Load Loss เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อกับระบบไฟฟ้าตลอดเวลาและใช้งานตลอดเวลา ดังนั้นถ้าสามารถลด Loss ของหม้อแปลงได้ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าลงได้มาก โดยมีรายการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

ค่าเปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์ของโหลดในค่าต่างๆ (% Z at any load)

$$\%Z\ at\ any\ Load = \left[\frac{(\%\mathrm{Load\ x\ Capacity})/100}{\mathrm{Fe + Cu\ at\ any\ \%Load} + (\%\mathrm{Load\ x\ Capacity})\ /\ 100}\right] \times 100$$

Cu at any %Load เป็นค่าความสูญเสียของขดลวดทองแดงที่พิกัดการใช้งานต่างๆ หากมีการใช้งานน้อยเกินหรือมากเกินไป ก็จะมีค่าสูญเสียเกิดขึ้นซึ่งมีผลกับความร้อนในการใช้งานตามปริมาณการใช้งานที่สูงขึ้น

$$\mathrm{Cu\ at\ any\ \%Load} = \left[\frac{\%\mathrm{Load}}{100}\right]^2 \times \mathrm{Load\ Loss}$$

โดย Fe = ค่าความสูญเสียของแกนเหล็ก โดยปกติจะมีค่าค่อนข้างคงที่

Cu = ค่าความสูญเสียของขดลวดทองแดง

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย เรื่อง ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ซึ่งผู้วิจัยได้สอนในส่วนมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทยของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ในบทที่ 9 เป็นเรื่อง อาคารชุด อาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ เป็นข้อกำหนดในการออกแบบและติดตั้งอาคารห้างสรรพสินค้าฯ และผู้วิจัยได้ศึกษาเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมมาโดยตลอด แต่มิได้ทำเป็นงานวิจัย ครั้งนี้เป็นโอกาสที่ได้ทำ ซึ่งที่ผ่านมาได้มีโอกาสรู้จักกับทางบริษัทที่ดำเนินธุรกิจด้านบริหารและดูแลอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ด้วยทีมงานของทางห้างฯ และศูนย์การค้าเอง จึงเป็นเหตุให้ได้รับการสนับสนุนอย่างดีด้านข้อมูลสำหรับแบบฟอร์มฯตามข้อมูลในหัวข้อต่างๆที่ต้องการ ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

4.1 สูตรการคำนวณทางสถิติและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูล

4.2 การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการทางสถิติและหลักการทางวิศวกรรม

4.4 การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า

4.5 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่นเพิ่มเติมอีก 2 กลุ่ม

4.6 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มสถานพยาบาล

4.7 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารสถานพยาบาล

4.8 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอาคารชุด

4.9 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารชุด

4.10 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรง

4.1 สูตรการคำนวณทางสถิติและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีกระบวนการและรายละเอียดตาม ลำดับดังนี้ สัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับสูตรการคำนวณทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

$\bar{x}$ / μ	แทนค่าเฉลี่ย (Mean) หรือ ค่ามัชฌิมเลขคณิต
Σx	แทนผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n	แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่าง
S.D	แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
S2 / σ^2	แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
α	แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
K	แทนจำนวนข้อเครื่องมือวัด
Σ$_{1}$-	แทนผลรวมของคะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
s_t^2	แทนความแปรปรวนของคะแนนรวม
IOC	แทนดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา
R	แทนคะแนนของผู้เชี่ยวชาญ
ΣR	แทนผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน
N	แทนจำนวนผู้เชี่ยวชาญ
t	แทนตัวสถิติที่ใช้ในการทดสอบ
df	แทนค่าองศาอิสระ (Degree of Freedom)
Sig.(2-tailed)	แทนค่า significance ของการทดสอบแบบ 2 ข้าง
95% Confidence	แทนค่าประมาณของ $\mu_1 - \mu_2$
$\mu_1 - \mu_2$	แทน Mean difference หรือ ผลต่างค่าเฉลี่ย
p-value	แทนนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

4.2 การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ในประเทศไทย มีดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จาก Google Form มาแปลงเป็น Excel เพื่อสะดวกในการดำเนินการแยกแยะ เพิ่มเติมเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของหม้อแปลงที่ 450 ตัว ที่มากกว่า 335 ตัว หรือมากกว่า 34.3% ซึ่งหากมากกว่าตามหลักการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากรของทาโร ยามาเน เพื่อให้กลุ่มตัวอย่างมีความน่าเชื่อถือได้เสมือนเป็นตัวแทนประชากรจริงทั้งหมดได้ โดยนำข้อมูลที่ได้มาหลังจากการแยกแยะ เพิ่มเติมข้อมูลในส่วนรายการคำนวณ เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์พลังงานโดยรวมที่ใช้จริงเป็นสัดส่วนเท่าไหร่ของพิกัดพลังงานไฟฟ้าที่หม้อแปลงสามารถจ่ายได้โดยใช้เครื่องมือทางสถติ

2. ลำดับขั้นตอนในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยจัดทำรายละเอียดข้อมูลสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าที่มีหลายอาคาร แยกออกเป็นแต่ละอาคาร และแต่ละหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อแสดงให้เห็นถึงพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้า พิกัดพลังงานไฟฟ้าที่สามารถจ่ายได้เพิ่มเติมเมื่อมีการใช้พัดลมระบายความร้อนในการทำงานของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เลือกใช้ทั้ง AT และ AF รวมถึงแยกคอลัมภ์ของ Step ที่ใช้งาน กับ Step ทั้งหมดของ Capacitor Bank โดยมีขั้นตอนตามแบบฟอร์มฯ ในแต่ละตอนดังนี้

ตอนที่ 1 จำแนกข้อมูลทั่วไปของอาคารห้างสรรพสินค้าฯที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรมสถิติ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ชื่อห้างฯ หรือ ศูนย์การค้า (ไม่ขอเปิดเผย)
2. อายุของผู้ให้ข้อมูล
3. ตำแหน่งของผู้ให้ข้อมูล
4. ที่ตั้งของอาคารห้างสรรพสินค้า

ตอนที่ 2 จำแนกข้อมูลทางเทคนิคของอาคารห้างสรรพสินค้าฯที่อยู่ในประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรมสถิติ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ประเภทของหม้อแปลง
2. ขนาดและจำนวนหม้อแปลง
3. เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด AT
4. เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาด AF
5. กระแสใช้งานจริง
6. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งาน
7. จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์แบงค์

ในส่วนตอนที่ 2 นี้ ทางผู้วิจัยต้องการทราบรายละเอียดต่างๆ ทั้งหมดของหม้อแปลงทุกตัวที่มีใช้ในห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า โดยผู้ตอบจะต้องกรอกรายละเอียดต่างๆ ในข้อที่ 3 – 8 ไปตามจำนวนหม้อแปลงที่มีการใช้งานอยู่จริง

ข้อมูลที่ได้ในส่วนที่ 2 นี้ จะนำข้อมูลต่างๆ มาทำการคำนวณหาค่าต่างๆ ที่จำเป็นในการวิเคราะห์ค่าทางเทคนิคดังนี้

1. พิกัดกระแสของหม้อแปลง ตัวอย่างเช่น ข้อมูลที่กำหนดให้ เป็น ขนาดหม้อแปลง 2000kVA ,400V จะได้พิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าจากสูตร

I_{Rated} = kVA / (1.732xV)

โดย I_{Rated} = พิกัดกระแสของหม้อแปลง

kVA = ขนาดหม้อแปลง

V = แรงดัน

I_{Rated} = kVA / (1.732x400)

= 2000 / (1.732x400x1000)

= 2,886 A

2. อาคารใช้กระแสจริง ที่ได้จากแบบฟอร์มฯ
3. อัตราส่วน กระแสใช้จริง / พิกัดกระแสของหม้อแปลง
4. อัตราส่วน กระแสใช้จริง / Ampere trip ของ C.B

หมายเหตุ พิกัดกระแสหม้อแปลงเมื่อมีพัดลม ที่สามารถนำมาคำนวณเป็นอัตราส่วน กระแสใช้จริง / กระแสเมื่อมีพัดลม เนื่องจากหม้อแปลงประเภทแห้งจะสามารถเปิดพัดลม เพื่อให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าปกติถึง 40% เมื่อมีการทำงานของพัดลม จะทำให้สามารถจ่ายกระแสเพิ่มขึ้นได้อีก 40% โดยมีข้อมูลที่กำหนดให้ เป็น ขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลง ที่ได้จากส่วนที่ 4 จะได้พิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง ที่สามารถเพิ่มได้อีก 40% (Air force : AF) จากสูตร

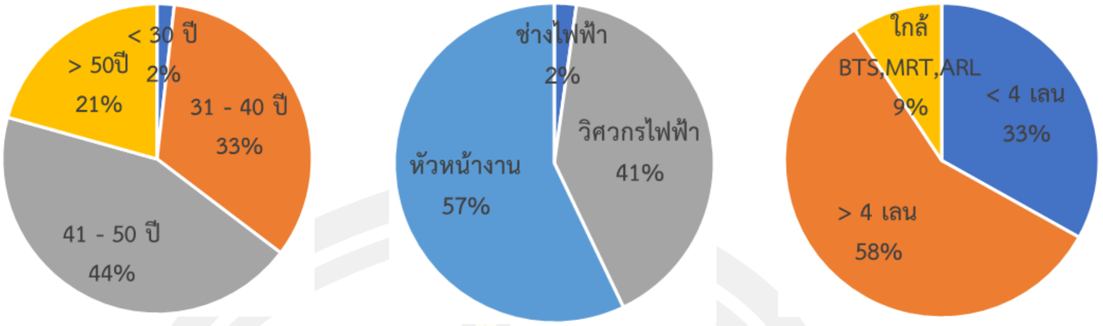
I_{Fan} = 2,886 x 1.4

= 4,042 A

ตอนที่ 3 การจำแนกข้อมูลที่ได้จากการขอความคิดเห็นให้ระดับความเหมาะสม ของผู้ดูแลอาคารที่ได้ให้ข้อมูลทางเทคนิคทั่วไปของอาคารห้างสรรพสินค้าฯที่อยู่ในประเทศไทย เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรมสถิติ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด, ค่าเฉลี่ย Mean หรือ $\bar{X}$, ค่าส่วนเบี่ยงเบน S.D ของแบบฟอร์มฯ ของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากกว่า 335 ตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 450 ตัวอย่าง ซึ่งบางอาคารห้างสรรพสินค้าอาจจะไม่ได้กรอกข้อมูล หรือ ไม่มีข้อมูลในบางรายการบางหัวข้อ ก็จะทำให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดน้อยกว่า 450 ตัวอย่างได้ ซึ่งในการทำงานวิจัยนี้ได้รับการตอบรับทุกข้อ

4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการทางสถิติและหลักการทางวิศวกรรม

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารห้างสรรพสินค้าฯที่อยู่ในประเทศไทย ที่เกี่ยวข้องดังนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของแบบฟอร์มฯ โดยการใช้โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ได้ใส่ข้อมูลการวิเคราะห์ของตอนที่ 1



ภาพที่ 16 สัดส่วนข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

สำหรับผลการวิเคราะห์ในส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้จัดทำเป็นสัดส่วนรายละเอียดของผู้ตอบแบบสอบถาม โดยได้แบ่งเป็นข้อๆ ดังนี้

1. ช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม
   - < 30 ปี = 2%
   - 31 – 40 ปี = 33%
   - 41 – 50 ปี = 44%
   - > 50 ปี = 21%
2. ตำแหน่งของผู้ตอบแบบสอบถาม
   - ช่างไฟฟ้า = 2%
   - วิศวกรไฟฟ้า = 41%
   - หัวหน้างาน = 57%
3. ที่ตั้งของห้างสรรพสินค้า หรือ ศูนย์การค้า
   - ≤ 4 เลน = 33%
   - > 4 เลน = 58%
   - ใกล้ BTS,MRT,ARL = 9%
   - ในซอย = 0%

สำหรับผลการวิเคราะห์ในส่วนที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคของผู้ตอบแบบสอบถาม ผู้วิจัยได้จัดทำเป็นการวิเคราะห์ทางสถิติของห้างสรรพสินค้า หรือศูนย์การค้า โดยได้แบ่งเป็นข้อๆ ดังนี้

ตารางที่ 18 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ

Topic	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
Tr Size	450	1,826	329	16
I_{Rated}	450	2,635	476	22
Ifan	450	3,689	666	31
CB AT	450	3,002	849	40
CB AF	450	3,576	774	36
Iused	450	1,013	498	23
Iused/ I_{Rated}	450	39%	21%	0.01
Iused/CB AT	450	36%	19%	0.01
Cap Used	450	1.4	1.97	0.09
Total Cap	450	11	3.29	0.15

จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Google Form และการใช้โปรแกรมทางสถิติ โดยมีค่า Mean และ S.D ซึ่งจะสามารถสรุปผลประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯที่มีปัจจัยต่างๆ ประกอบดังนี้

1. ขนาดหม้อแปลง (Tr size) Mean = 1,826kVA, S.D = 329
2. พิกัดกระแสของหม้อแปลง (I_{Rated}) Mean = 2,635 A, S.D = 476
3. พิกัดกระแสของหม้อแปลงเมื่อเปิดพัดลม (I_{Fan}) Mean = 3,689 A, S.D = 666
4. Ampere Trip ของ C.B Mean = 3,002 A, S.D = 849
5. Ampere Frame ของ C.B Mean = 3,576 A, S.D = 774
6. กระแสใช้งานจริง (Iuse) Mean = 1,013 A, S.D = 498
7. กระแสใช้งานจริง ส่วน พิกัดกระแสของหม้อแปลง Iused/ I_{Rated} Mean = 39% S.D = 21%
8. กระแสใช้งานจริง ส่วน พิกัดกระแสของหม้อแปลง Iused/ CB AT Mean = 36% S.D = 19%
9. จำนวน step ที่ใช้งานคาปาซิเตอร์ (Cap use) Mean = 1.4 step, S.D = 1.97
10. จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์ (Total Cap) Mean = 11 step, S.D = 3.29

ตอนที่ 3 ขอความคิดเห็น เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานคร

1. ขนาดหม้อแปลงที่ใช้งานมีความเหมาะสมกับการใช้งาน 99.1% ไม่แน่ใจ 0.9% และไม่เหมาะสม 0%
2. ขนาดของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์มีความเหมาะสมกับการใช้งาน 99.1% ไม่แน่ใจ 0% และไม่เหมาะสม 0.9%
3. ขนาดของ Ampere Trip (AT) ของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เหมาะสมกับการใช้งาน 100% ไม่แน่ใจ 0% และไม่เหมาะสม 0%
4. ขนาดของ Ampere Frame (AF) ของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เหมาะสมกับการใช้งาน 100% ไม่แน่ใจ 0% และไม่เหมาะสม 0%
5. จำนวน Step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์แบงค์ เหมาะสม 100% ไม่แน่ใจ 0% และไม่เหมาะสม 0%
6. จำนวน Step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งาน เหมาะสม 99.1% ไม่แน่ใจ 0.9% และไม่เหมาะสม 0%
7. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานนั้น มีความเหมาะสม 98.2% ไม่แน่ใจ 0.9% และไม่เหมาะสม 0.9%
8. ระบบไฟฟ้าที่ท่านใช้งานอยู่ มีความปลอดภัยอย่างเหมาะสม 98.2% ไม่แน่ใจ 0.9% และไม่เหมาะสม 0.9%
9. การออกแบบที่มีการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใหญ่ เผื่อๆไว้นั้น เหมาะสม 99.1% ไม่แน่ใจ 0% และไม่เหมาะสม 0.9%
10. ความมั่นใจในระบบไฟฟ้า เหมาะสม 100% ไม่แน่ใจ 0% และไม่เหมาะสม 0%

4.4 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า

สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบฟอร์มฯ ทั้ง 3 ตอน ด้วยหลักการทางสถิติตามที่กล่าวมาข้างต้น ทางผู้วิจัยได้การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในส่วนของกลุ่มตัวอย่างประชากรทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิคและนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ โดยมีเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบดังนี้

1. T-Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยการใช้ P Value หรือ Sig. (2 tailed) เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

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

3. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สำหรับแบบฟอร์มฯ การประเมินพลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ในกรุงเทพมหานคร ใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient)

ตารางที่ 19 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

Topic	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Tr Size	118	449	0	1826	1795	1856
I_{Rated}	118	449	0	2635	2591	2679
Ifan	118	449	0	3689	3628	3751
CB AT	75	449	0	3002	2923	3081
CB AF	98	449	0	3576	3504	3647
Iused	43	449	0	1013	967	1059
Iused/ I_{Rated}	40	449	0	0.4	0.4	0.4
Iused/CB AT	40	449	0	0.4	0.3	0.4
Cap Used	15	449	0	1.4	1.2	1.6
Total Cap	71	449	0	11	11	11

ตารางข้างต้น ได้สรุปผลการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือเฉพาะส่วนที่ 2 ซึ่งเป็นส่วนหลักสำคัญที่ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือได้ดังนี้

1. T Test ของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า 100% เป็นไปในทางเดียวกัน เพราะได้ค่า Sig 2 tailed หรือ P Value ที่น้อยกว่า 0.05

2. ค่าความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้อย่างดีทั้งหมด

3. ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α มีในแต่ส่วนดังนี้

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 เป็นข้อมูลทั่วไปของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ สรุปได้ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา = 0.16 ถือว่า ไม่มีความเชื่อมั่น เนื่องจากเป็นคำถามทั่วไป ซึ่งไม่สอดคล้องกันในแต่ละข้อ สอดคล้องกับ Jerry J. Vaske, Jay Beaman & Carly C. Sponarski [30]

ตารางที่ 20 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0.164	0.268	6

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 เป็นข้อมูลทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.832 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตารางที่ 21 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0.832	0.773	11

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3 เป็นข้อมูลการประเมิณระดับความเหมาะสมของตอนที่ 2 ในส่วนทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.772 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตารางที่ 22 *ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3*

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0.772	0.853	10

สำหรับภาพรวมทุกแบบฟอร์มฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.795 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตารางที่ 23 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ทั้งหมด ทั้ง 3 ตอน

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0.795	0.745	27

4.5 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่น เพิ่มเติมอีก 2 กลุ่ม

การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่นเพิ่มเติมอีก 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 กลุ่มการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า สำหรับสถานพยาบาลเป็นกลุ่มที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณสูงที่ถือว่าเป็นการออกแบบในกรณีวิกฤติ และหลักการการออกแบบระบบไฟฟ้ามีหลักการโดยส่วนใหญ่เหมือนๆกัน โดยการออกแบบระบบไฟฟ้านั้นต้องมีการเผื่อการใช้งานแบบเต็มที่และการใช้งานในอนาคต เพื่อให้ความเหมาะสมของการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าตามมาตรฐานการติดตั้งฉบับปัจจุบัน พ.ศ.2556 การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับสถานพยาบาล เพื่อเป็นการทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า โดยสถานพยาบาลที่มีหลากหลายอาคารเพื่อการแพทย์ ซึ่งสถานพยาบาลถือว่าเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤติ โดยการนำแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ส่วนข้อมูลทางเทคนิคในตอนที่ 2 ไปสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในสถานพยาบาล และอีกหนึ่งกลุ่มที่ 2 เป็นกลุ่มการประเมินผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร โดยใช้สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือร่วมด้วย ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เกี่ยวเนื่องใกล้เคียงกันมาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรในสถานพยาบาล ที่มีกลุ่มตัวอย่างการทดสอบที่ 50 ตัวอย่าง และกลุ่มตัวอย่างประชากรของอาคารชุด ที่มีกลุ่มตัวอย่างการทดสอบที่ 485 ตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลที่ได้จากสถานพยาบาลและอาคารชุดลงในแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้เป็นกลุ่มสถานพยาบาลและอาคารชุด มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อสร้างความเชื่อถือของเครื่องมือ โดยการนำแบบฟอร์มฯ ไปทำการเก็บข้อมูลทางเทคนิคไปทดลองใช้ (Try-Out) กับอาคาร ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นกลุ่มโรงพยาบาลที่มีการใช้ข้อมูลในช่วงระหว่าง 10.00-11.00น. หรือ 14.00 – 16.00 และกลุ่มอาคารชุดช่วงระหว่าง 20.00 – 23.00 ซึ่งน่าจะเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานโดยรวมสูงสุดของกลุ่มสถานพยาบาลและกลุ่มอาคารชุดดังกล่าวตามลำดับ โดยสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ รวมถึงการวิเคราะห์การหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สถิติ T-Test เพื่อเปรียบเทียบทางเทคนิคเฉพาะบางข้อ

เนื่องจากมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน โดยนำข้อมูลทางเทคนิคที่ใช้มาประมวลผ่านโปรแกรมทางสถิติ จะได้ Descriptive Statistics ดังนี้

4.6 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มสถานพยาบาล

ตารางที่ 24 *ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ*

Item of Question	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Tr. Size	50	1683.00	509.66	72.08
2. I_{Rated}	50	2429.20	735.92	104.07
3. I_{Fan}	50	3401.04	1,030.44	145.73
4. Iuse	50	415.44	426.60	60.33
5. Level Iuse / I_{Rated}	50	16.734	14.87	2.10
6. Iuse / I_{Rated}	50	2.20	1.43	0.20
7. C.B. AF	50	3103.00	1,051.74	148.74
8. C.B. AT	50	2987.00	1,073.05	151.75
9. TieC.B. AF	18	3472.22	900.20	212.18
10.TieC.B. AT	18	3444.44	856.96	201.99
11.Cap.Use	50	0.38	1.60	0.23
12.Total Cap	50	9.36	3.51	0.50

รายการการวิเคราะห์ทางสถิติที่ได้จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติของอาคารในสถานพยาบาล โดยมีหม้อแปลงรวม 50 ตัว

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

2. I_{Rated} พิกัดกระแสของหม้อแปลง Mean 2,429.2 A Mean = 2,429.2 A. S.D = 735.9

3. I_{Fan} กระแสไฟที่สามารถจ่ายโหลดเกินได้ กรณีใช้พัดลมช่วยระบายความร้อน จะได้กระแสไฟที่สามารถจ่ายไฟเกินชั่วขณะ Mean 3,400 A Mean = 3,400 A. S.D = 1,030

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

5. %Iuse / I_{Rated} Mean 16.7 % Mean = 16.7 % S.D = 14.87 ปริมาณกระแสใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละMean 16.7% ของพิกัดกระแสของหม้อแปลง

6. Level %Iuse/ I_{Rated} Mean 0.94 Mean = 2.2 S.D = 1.43 ระดับการจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริงของอาคารสถานพยาบาลที่ 1.43 หรือ อยู่ในระดับ 2 คือ 11 -20% ของพิกัดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงสามารถจ่ายกระแสไฟให้ได้โดยปกติ

7. CB AF Mean 3,103AF Mean = 3,103AF. S.D = 1,051.7 พิกัดโครงสร้าง Ampere Flame: AF ของ C.B ที่เลือกใช้งานMean 3,103AF

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

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

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

11. Capacitor ที่ใช้งาน Mean 0.38 Step Mean = 0.38 Step S.D = 1.6 การใช้งาน Capacitor ที่นำมาชดเชยการใช้กำลังไฟฟ้า เพื่อปรับปรุงตัวประกอบกำลังให้ระบบไฟฟ้า Mean 0.38 ใช้งานเพียงไม่ถึง Step

12. Total Capacitor Bank Mean 10.7 Step Mean = 9.36 Step S.D = 3.5

4.7 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารสถานพยาบาล

การตรวจสอบคุณภาพและทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มตัวอย่างอื่นเพื่อการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม โดยได้เลือกกลุ่มประชากรเพิ่มเติมอีกหนึ่งกลุ่ม ตามหลักการในการตรวจสอบเพื่อเป็นการทวนสอบผลการวิจัย หรือการตรวจสอบผลทางด้านวิศวกรรม ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำกลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน หรือกลุ่มที่มีพฤติกรรมที่มีนัยสำคัญมาเปรียบเทียบ ในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับกลุ่มที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณที่สูงๆ หรือถือได้ว่าเป็นส่วนวิกฤติ ทางวิศวกรรมก็ต้องถือว่าในสถานพยาบาลเป็นส่วนที่มีความวิกฤติที่สุดในหลายๆกลุ่ม การออแบบระบบไฟฟ้าจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการออกแบบให้เพียงพอกับการใช้งาน โดยการออกแบบก็จะมีส่วนคล้ายๆ กันตามหลักกาพื้นฐานของการออกแบบระบบไฟฟ้า แต่ก็จะมีการเผื่อการใช้งานแบบเต็มพิกัดไว้ หรือ การเผื่อการใช้งานในอนาคต ซึ่งในเป็นปกติของการออกแบบ ผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรสำหรับสถานพยาบาลที่ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกลุ่มสถานพยาบาล ที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยในแต่ละสถานพยาบาลจะมีจำนวนหลายอาคารในสถานพยาบาล มีสถานพยาบาลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรตามรายชื่อสถานพยาบาลตามที่ได้ระบุไว้ก่อนหน้านี้ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ สำหรับข้อมูลทางเทคนิคตอนที่ 2 ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น

Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยการใช้ P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

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

ตารางที่ 25 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

Item of Question	t	df	Sig.(2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence interval of the Difference	
					Lower	Upper
1. Tr. Size	3.4	49	0	1,683	1,538	1,828
2. I_{Rated}	23.3	49	0	2,429	2,220	2,638
3. I_{Fan}	23.3	49	0	3,401	3,108	3,694
4. Iuse	6.9	49	0	415	294	537
5. Level Iuse/I_{Rated}	8.0	49	0	17	13	21
6. Iuse / I_{Rated}	10.9	49	0	2.2	1.8	2.6
7. C.B. AF	20.9	49	0	3,103	2,804	3,402
8. C.B. AT	19.7	49	0	2,987	2,682	3,292
9. TieC.B. AF	16.4	17	0	3,472	3,025	3,920
10.TieC.B. AT	17.1	17	0	3,444	3,018	3,871
11.Cap.Use	1.7	49	0.1	0.38	-0.08	0.84
12.Total Cap	18.9	49	0	9.36	8.36	10.36

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

ผลการทดสอบ T Test ของการใช้พลังงานโดยรวมของสถานพยาบาลและของอาคารห้างสรรพสินค้า 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 และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้อย่างดี

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

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 รวม 13 ข้อคำถามเป็นข้อมูลทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา α = 0.915 ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูงมากๆ

ตารางที่ 26 ตารางความเชื่อมั่น

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

4.8 การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอาคารชุด

การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอาคารชุด ที่มีหลักการในการออกแบบเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ของบทที่ 9 โดยมีข้อกำหนดเป็นหลักการในการออกแบบอาคารชุดแบบค่อนข้างชัดเจนอย่างมาก ซึ่งน่าจะเป็นเครื่องมือในการทวนสอบกับการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทยที่มีการออกแบบตามหลักการเบื้องต้นได้อย่างดีอีกหนึ่งกลุ่ม ที่มีการทำเป็นงานวิจัยและได้ตีพิมพ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ตารางที่ 27 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ

Item of Question	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Condo Floor	485	23.8	13.8	0.6
2. I_{Rated}	484	2,035	708	32
3. Iuse	483	146	108	5
4. % Iuse / I_{Rated}	484	11%	0.84	0.04
5. Level Iuse / I_{Rated}	484	1.17	0.6	0.03
6. Iuse / ICB AT	485	6%	0.06	0
7. Level Iuse / $I_{CB\ AT}$	485	1.13	0.56	0.03
8. กระแสเมื่อมีพัดลม	484	2,848	991	45
9. Iuse / I_{Fan}	484	8%	0.6	0.03
10.CB AT	485	2,548	1,069	49
11.CB AF	485	2,668	1,082	49
12.Capacitor Used Step	482	0.13	0.37	0.02
13.Total Cap Step	475	10.45	2.42	0.11

ตามตารางได้สรุปผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากโปรแกรมทางสถิติ สามารถวิเคราะห์รายละเอียดในแต่ละส่วนได้ดังนี้

1. อาคารมีจำนวนชั้น Mean=23.81 ชั้น S.D=13.84 ทั้งนี้อาคารชุดเป็นอาคารสูง ที่มีจำนวนชั้นโดยเฉลี่ยที่ 23.8 ชั้น

2. ขนาดหม้อแปลง Mean=1,431 kVA S.D=507.13อาคารชุดมีการใช้ขนาดหม้อแปลง Mean 1,432 kVA

3. พิกัดกระแสของหม้อแปลง Mean=2,034 A. S.D=707.89 อาคารชุดที่หม้อแปลงขนาดเฉลี่ย 1,432kVA มีพิกัดกระแสMean 2,034 A.

4. กระแสใช้จริงของอาคาร Mean=145.65A S.D=108.39อาคารชุดที่หม้อแปลงขนาดเฉลี่ย 1,432kVA มีพิกัดกระแสMean 2,034 A.โดยมีกระแสใช้จริงของทั้งอาคารเฉลี่ย 145.65 A. หรือเพียง 7.2% ของ 2,034 A.

5. $\%I_{use}$ / I_{Rated} Mean=10.9% S.D=8% ปริมาณกระแสใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละMean 10.9% ของพิกัดกระแสของหม้อแปลงซึ่งจะแสดงให้เห็นว่ามีการใช้กระแสจริงเฉลี่ย เพียง 10.9% เท่านั้น

6. Level $\%I_{use}$ / I_{Rated} Mean=1.17 S.D=0.6 จากข้อมูลดิบในข้อที่ 5 นำมาแบ่งระดับ จะแสดงให้เห็นว่า มีระดับเฉลี่ยของ $\%I_{use}$ / I_{Rated} =1.17 ซึ่งพอสรุปได้ว่า อยู่ในระดับการใช้เพียง 0 – 10% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงที่สามารถจ่ายได้เท่านั้น

7. $\%I_{use}$ / $I_{CB\ AT}$ Mean=6.4% S.D=6% ปริมาณกระแสใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละMean 6.4% ที่ Ampere Trip: AT ของ Circuit Breaker

8. กระแสเมื่อมีพัดลม Mean=2,848A S.D=991.05 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งที่ใช้ในอาคารชุดฯจะมีติดพัดลมเพื่อสำหรับการจ่ายกระแสไฟฟ้าเกินขึ้นมาได้ 40% ในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้นขนาดหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ได้จาก SPSS ที่ขนาด 1,431 kVA จ่ายกระแสได้ตามพิกัดปกติที่ 2,034 A. และจะสามารถจ่ายกระแสเกินชั่วขณะได้โดยเฉลี่ยที่ 2,848 A.

9. $\%I_{use}$ / I_{Fan} Mean=7.8% S.D=6% ปริมาณกระแสใช้จริงMean เป็นอัตราส่วนร้อยละ Mean 7.8% ของ พิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นโดยการมีพัดลมช่วยระบายความร้อน

10. C.B มีขนาด AT Mean=2,548A S.D=1,069 AT ของ C.B Mean ที่ 2,548 A

11. C.B มีขนาด A.F Mean=2,667A S.D=1,082 AF ของ C.B Mean ที่ 2,667 A

4.9 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารชุด

ทางผู้วิจัยได้การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือในส่วนของกลุ่มตัวอย่างประชากรทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

T-Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยการใช้ P Value หรือ Sig. (2 tailed) เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

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

ตารางที่ 28 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ 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. อาคารมีจำนวนชั้น	37.89	484	0	23.8	22.6	25
2. พิกัดกระแสของ Tr	63.23	483	0	2,034.60	1,971.30	2,097.80
3. อาคารใช้กระแสจริง	29.53	482	0	145.6	136	155.3
4. %Iuse / IRated	2.85	483	0	0.1	0	0.2
5. Level Iuse / IRated	42.86	483	0	1.2	1.1	1.2
6. Iuse / ICB AT	21.74	484	0	0.1	0.1	0.1
7. Level Iuse / ICB AT	44.05	484	0	1.1	1.1	1.2
8. กระแสเมื่อมีพัดลม	63.23	483	0	2,848.40	2,759.90	2,936.90
9. Iuse / Ifan	2.85	483	0	0.1	0	0.1
10.CB AT	52.5	484	0	2,548.50	2,453.10	2,643.80
11.CB AF	54.32	484	0	2,668.00	2,571.50	2,764.50
12.Capacitor ที่ใช้งาน	7.9	481	0	0.1	0.1	0.2
13.Total Cap	94.12	474	0	10.4	10.2	10.7

ตารางข้างต้น ได้สรุปผลการทดสอบดังนี้

1. T Test ของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัย 100% เป็นไปในทางเดียวกัน เพราะได้ค่า Sig 2 tailed หรือ P Value ที่น้อยกว่า 0.05

2. ค่าความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้อย่างดีทั้งหมด

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

ตารางที่ 29 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
0.832	0.773	11

4.10 การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรง

การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากผลการวิเคราะห์การประเมินการใช้พลังงงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ประเทศไทย การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล และการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร โดยการนำแบบฟอร์มฯ และผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการใช้โปรแกรมทางสถิติ ไปโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติ เป็นผู้เชี่ยวชาญมีความรู้ความสามารถเฉพาะด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในส่วนของอาคารห้างสรรพสินค้า อาคารสถานพยาบาล เป็นต้น โดยรายชื่อและคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านมีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (อาจารย์)ประสบการณ์มากกว่า 40 ปี: วฟก.)

พ.ศ. 2510 จบปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้าที่ UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES

พ.ศ. 2524 จบปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้าที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2511 – 2543 อาจารย์ประจำภาคฯ วิศวกรรมไฟฟ้าที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2543 – 2562 อาจารย์ภาคฯ วิศวกรรมไฟฟ้าที่ มหาวิทยาลัยมหานคร

ความเชี่ยวชาญ : ออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง การประหยัดพลังงานไฟฟ้า การป้องกันระบบไฟฟ้า การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ผลงานทางวิชาการ : การออกแบบระบบไฟฟ้า การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า เทคนิคการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง การออกแบบระบบแสงสว่าง การป้องกันระบบไฟฟ้า การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

2. อาจารย์ลือชัย ทองนิล (ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วสท.: วฟก.) ประสบการณ์การทำงาน การสอน การบรรยาย มากกว่า 40 ปี

พ.ศ. 2521 จบปริญญาตรี ภาคฯ วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

พ.ศ. 2526 จบปริญญาโท วิศวกรรมไฟฟ้า Texas, USA

พ.ศ. 2520 – 2556 อดีตผู้อำนวยการไฟฟ้าเขตมีนบุรี การไฟฟ้านครหลวง

พ.ศ. 2554 – 2556 ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2556 – 2561 กรรมการสภาวิศวกร สมัยที่ 5 และ สมัยที่ 6 สภาวิศวกร

พ.ศ. 2563 – 2565 ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2562 -2564 คณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพระดับวุฒิวิศวกร และสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

ผลงานทางวิชาการ :

การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 40

วิศวกรไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 12

ช่างชาวบ้าน พิมพ์ครั้งที่ 12

การตรวจความปลอดภัยระบบไฟฟ้า พิมพ์ครั้งที่ 8

การออกแบบและติดตั้งระบบแจ้งเหตุเพลิงไหม้ พิมพ์ครั้งที่ 3

ความปลอดภัยทางไฟฟ้าในสถานประกอบการ พิมพ์ครั้งที่ 2

3. อาจารย์กิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ (อุปนายกสภาวิศวกร สภาวิศวกร: วฟก.) 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

4. อาจารย์สุธี ปิ่นไพสิฐ (อดีตผู้อำนวญการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างแลงานระบบ: วฟก.)

พ.ศ. 2529 จบปริญญาตรี อุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2543 – 2562 อดีตผู้อำนวญการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างแลงานระบบ สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ กรมโยธาธิการและผังเมือง

พ.ศ. 2556 -2564 คณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพระดับวุฒิวิศวกร และสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

5. ดร.วิโรจน์ บัวคลี่ ผู้ช่วยผู้ว่าดิจิทัล การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (วฟก.)

พ.ศ. 2538 จบปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2540 จบปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2561 จบปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2540 – ปัจจุบัน ผู้ช่วยผู้ว่าดิจิทัล การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ผลงานทางวิชาการ :

Design survey forms, survey and analyze the data for “The Study of Interruptible Rate in Thailand”, Chulalongkorn University

Wirote Buaklee and Komsan Hongesombut. 2014. Optimal DG Placement in a Smart Distribution Grid Considering Economic Aspects. Journal of Electrical Engineering & Technology 9 (4): 1240-1247.

Wirote Buaklee and Komsan Hongesombut. 2014. Optimal DG Placement in a Smart Distribution Grid Using Cuckoo Search Algorithm. The ECTI Transactions on Electrical Engineering, Electronics, and Communications 11(2): 16-22

6. คุณภูเธียร พงษ์พิทยาภา ประธานกรรมการฯ บริษัท เซกโก้ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด: วฟก.

พ.ศ. 2512 จบปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2512 – 2521 วิศวกรไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง

พ.ศ. 2521 - ปัจจุบัน ประธานกรรมการผู้จัดการ บริษัท เซกโก้ เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

พ.ศ. 2556 -2564 คณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพระดับวุฒิวิศวกร และสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

7. รองศาสตราจารย์ ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2537 จบปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2545 จบปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง

พ.ศ. 2549 จบปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยคานาซาว่า ประเทศญี่ปุ่น

พ.ศ. 2561 - ปัจจุบัน รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัติการทำงานวิจัยและบริการวิชาการ:

2565 คณะทำงาน โครงการวิจัยแนวทางการผลิตและพัฒนาครูอาชีวศึกษา

2564 หัวหน้าโครงการ โครงการการพัฒนาแพลตฟอร์มของระบบนิเวศการศึกษาด้านอุตสาหกรรมภายใต้แนวคิดการบูรณาการการเรียนรู้กับการทำงานร่วมกับการศึกษาแบบมุ่งเน้น

ผลลัพธ์เพื่อพัฒนากำลังคนพร้อมใช้ในการยกระดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ แหล่งทุน บพค. (อยู่ระหว่างการดำเนินโครงการ)

2564 คณะทำงาน การพัฒนากลไกการบ่มเพาะผู้เรียนทักษะชั้นสูงด้านอุตสาหกรรมระบบขนส่งทางรางภายใต้การจัดการศึกษาแบบบูรณาการการเรียนรู้กับการทำงาน (WIL) แหล่งทุน บพค. (อยู่ระหว่างการดำเนินโครงการ)

2564 หัวหน้าโครงการ โครงการสร้างขีดความสามารถในการทำนวัตกรรมของภาคอุตสาหกรรมเพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศโดยการพัฒนากำลังคนระดับสูง ภายใต้โครงการแพลตฟอร์มการศึกษาครบวงจรเพื่อการพัฒนานักศึกษาระดับปริญญาโทและการวิจัยพัฒนานวัตกรรมของภาคอุตสาหกรรม แหล่งทุน สวทช. และ บพค. (อยู่ระหว่างการดำเนินโครงการ)

2564 หัวหน้าโครงการ โครงการถอดบทเรียนโครงการยกระดับความสามารถของอุตสาหกรรมขนาดกลางด้านงานวิจัย พัฒนาและอุตสาหกรรม แหล่งทุน สอวช.โดยผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านได้ให้ข้อแนะนำดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ การใช้โหลดของแต่ละอาคารตามบทที่ 9 โดยทั่วไปจะใหญ่เกินไป ขอให้ไปศึกษาวิธีของ NEC หรือการเลือกใช้ตัวคูณลดของชไนเดอร์ เอบีบี ที่มีข้อมูลแนะนำในแต่ละประเภทของอาคารฯ ก็จะทำให้การออกแบบเหมาะสมมากขึ้น

2. นายลือชัย ทองนิล ผู้ออกแบบมีหลายปัจจัยหลายเงื่อนไขตัวแปรในการออกแบบกรณีการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง จะไม่ได้ประโยชน์ในการออกแบบโดยทั่วไปเท่าไหร่นอกจากการออกแบบเฉพาะสำหรับบางลักษณะงานเท่านั้น ค่าเฉลี่ยโดยรวมอาจจะมีการเลือกใช้ที่ใหญ่เกินไป ผู้ติดตั้งและใช้งาน ยังขาดความรู้เรื่องไฟฟ้าเท่าที่ควร ความแตกต่างของอาคารชุดจะมีข้อกำหนดโดยทางการไฟฟ้าฯ เพื่อคุมครองผู้บริโภค จึงต้องมีการเผื่อการใช้งานอย่างเต็มที่

3. นายสุธี ปิ่นไพสิฐ การใช้ไฟของอาคารห้างสรรพสินค้ามีตัวแปรค่อนข้างมาก

4. ดร.วิโรจน์ บัวคลี่ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า ควรให้มีขนาดที่เหมาะสมกับความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยต้องคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์และความปลอดภัยร่วมด้วย

5. นายภูเธียร พงษ์พิทยาภา สำหรับบางกลุ่มห้างสรรพสินค้ามีการเรียนรู้ด้วยประสบการณ์ ทำให้โครงการใหม่ๆ มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น ซึ่งบางห้างสรรพสินค้าที่มีประสบการณ์น้อยก็ยังมีการออกแบบเผื่อการใช้งานจริงมากเกินไป

6. รองศาสตราจารย์ ดร.คมกฤตย์ ชมสุวรรณ มีการออกแบบที่ใหญ่เกินไป ทำให้มีพลังงานสูญเสียขึ้นที่หม้อแปลงค่อนข้างสูงมาก ซึ่งแตกต่างจากอาคารชุด ที่จำเป็นต้องเผื่อการใช้งานให้ทางผู้ใช้ห้องชุดได้ใช้ไฟฟ้าเต็มที่เมื่อมีการอยู่อาศัยเต็มพิกัด

7. นายกิตติพงษ์ วีระโพธิ์ประสิทธิ์ ควรพิจารณาประเภทของหม้อแปลง ถ้าเป็นหม้อแปลงแบบแห้งก็ควรพิจารณาเครื่องป้องกันให้เหมาะสมกับการใช้งานอย่างเพียงพอ เหมาะสมกับหม้อแปลงที่เลือกใช้งาน ในส่วนกระแสลัดวงจรก็ต้องพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมร่วมด้วย เพื่อเป็นการถนอมการใช้งานของหม้อแปลง สำหรับเรื่องระดับความเหมาะสมผู้ใช้งานต้องมีความรู้ในการเลือกใช้งานโดยการเก็บข้อมูลในภาวะปกติหรือช่วงการใช้งานสูงสุด ทางผู้ออกแบบควรมีการพิจารณาการใช้งานของคาปาซิเตอร์แบงค์อย่างเหมาะสม เพราะการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สูงเกินนั้น ไม่เป็นผลดี

ตารางที่ 30 แสดงระดับความเหมาะสมในมุมของผู้ดูแลระบบไฟฟ้าอาคารห้างสรรพสินค้าเป็นเปอร์เซ็นต์เฉลี่ยของความเหมาะสม ไม่เหมาะสม และไม่แน่ใจ

Questions	Suitable	Non suitable	Unsure
Do you think that ... ?			
1. the size of the transformer used is suitable for use.	99.1%	0.9%	0%
2. the size of main C.B used is suitable for use.	99.1%	0.9%	0%
3. the main C.B size (ampere trip AT) suitable for use	100%	0%	0%
4. the main C.B size (ampere frame AF) suitable for use	100%	0%	0%
5. the steps capacitor bank used is appropriate.	99.1%	0%	0.9%
6. the total steps of the capacitor bank are appropriate.	100%	0%	0%
7. the electrical equipment used is appropriate.	98.2%	0.9%	0.9%
8. the electrical system used is appropriately safe.	98.2%	0.9%	0.9%
9. the design and selection of large electrical equipment is appropriate.	99.1%	0.9%	0%
10. you are confident in the electrical system.	100%	0%	0%

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯใน กรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยทำการสรุปและมีประเด็นสำคัญในการนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

5.2 สรุปผล

5.3 อภิปรายผล

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

5.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเก็บข้อมูล ประเมินผลและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ตามหลักการทางสถิติ ในประเทศไทย

2. เพื่อบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ ตามหลักการทางวิศวกรรม

3. เพื่อศึกษาแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าที่เรียนรู้จากประสบการณ์ เพื่อประโยชน์สูงสุด ของประเทศไทย มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ

5.2 สรุปผล

การวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯใน ประเทศไทย สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าฯสามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. การส่งและเก็บแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย เป็นไปด้วยดี ตรงตาม วัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยการประสานงานกับช่องทางของผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้า อาคารของ สถานพยาบาลโดยตรง และอาคารชุด มีการอธิบายรายละเอียดของแบบฟอร์มฯ รวมถึงการออกแบบ แบบฟอร์มฯ แบบง่ายๆ เพื่อให้สะดวกในการประชาสัมพันธ์ส่งต่อ สะดวกในการกรอกข้อมูล และการ ส่งข้อมูลกลับ

2. เพื่อประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า และเปรียบเทียบกับ บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เลือกใช้จริงในอาคารห้างสรรพสินค้า ให้เห็นถึงความแตกต่างจากการประเมินฯ และ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าจริง มีรายละเอียดในแต่ละส่วนของการสรุปการประเมินการใช้พลังงาน ไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯดังนี้

2.1 การสรุปผลสำหรับแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารห้างสรรพสินค้า ฯ ซึ่งเป็นตัวแปรต้น ในการวิจัยฯ มีดังนี้

2.1.1ช่วงอายุของผู้ตอบแบบสอบถาม < 30 ปี = 2%, 31 – 40 ปี = 33%, 41 – 50 ปี = 44% และ > 50 ปี = 21% สรุปได้ว่าเป็นช่วงอายุ 41 – 50 ปี =44% และ 31 – 40 ปี = 33%

2.1.2ตำแหน่งของผู้ตอบแบบสอบถาม เป็นหัวหน้างาน = 57% และเป็นวิศวกรไฟฟ้า = 41% ซึ่งสรุปได้ว่ามีความสอดคล้องกับช่วงอายุและตำแหน่งงานแบบมีนัยสำคัญ

2.1.3ที่ตั้งห้างสรรพสินค้าอยู่บนถนนขนาดใหญ่มากกว่า 4 เลน ถึง 58% และน้อยกว่าหรือเท่ากับ 4 เลน มีถึง 33% ซึ่งสรุปได้ว่าห้างสรรพสินค้าจะมีทำเลที่ตั้งบนถนนใหญ่เป็นส่วนใหญ่ เพื่อตอบรับลูกค้าโดยส่วนใหญ่ในการเดินทางด้านสาธารณูปโภคต่างๆ

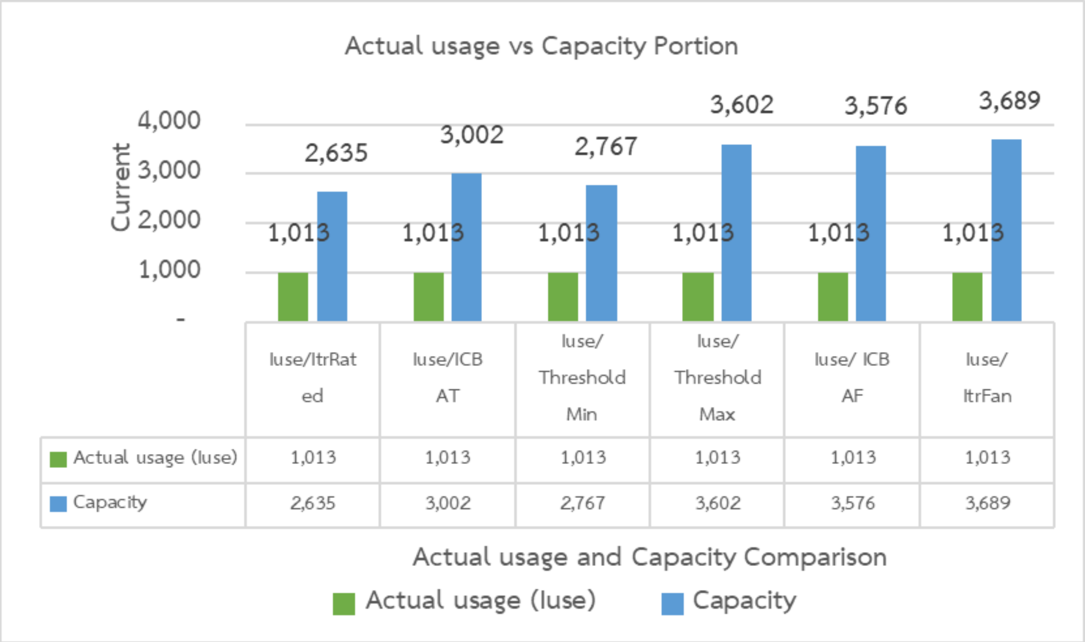
2.2 การสรุปผลสำหรับแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคเป็นตัวแปรตาม ในการวิจัยฯ ที่ผู้ดูแลอาคารช่วยดำเนินการบันทึกค่าต่างๆ ของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ ข้อมูลทางเทคนิคที่ได้มาของอาคารห้างสรรพสินค้าฯเป็นรายละเอียดทางเทคนิคของการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่อยู่ในช่วงเวลาระหว่าง 11.00 – 20.00 น. ของวันเสาร์และวันอาทิตย์ ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่มีผู้ใช้บริการเข้าห้างสรรพสินค้าสูงสุด และยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมเป็นปริมาณสูงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rhodes, J. D. , Stephens, B. และ Webber, M. E. [31] เมื่อได้ข้อมูลทางเทคนิคแล้ว จะมีการเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคโดยการคำนวณเพิ่มเติม การใช้อัตราส่วนร้อยละ การจัดลำดับเพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผล โดยการใช้โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ อาคารห้างสรรพสินค้ามีการใช้ขนาดหม้อแปลง Mean 1,826 kVA มีพิกัดกระแสของหม้อแปลง Mean 2,635A โดยผู้ผลิตหม้อแปลงจะมีการผลิตที่พิกัด 2,000kVA ซึ่งมีพิกัดกระแสของหม้อแปลลงที่ 2,886A ทั้งนี้จากการวิเคราะห์ปริมาณกระแสใช้จริงMean 1,013A หรือ 38.4 % ของ 2,635 A. ซึ่งขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปถือว่าค่อนข้างน้อยเพียง 38.4% เท่านั้น จึงเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้หม้อแปลงไฟฟ้ากินกำลังไฟฟ้าสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ทั้งที่ห้างสรรพสินค้าที่ได้ใช้งานเฉลี่ยมีมานานหลายปีแล้ว ซึ่งมีอาจบางมุมมองที่ต้องการให้หม้อแปลงไฟฟ้าทำงานในระดับไม่เกิน 80% ในกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 เสียหาย ทำให้ต้องใช้หม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2 เพียงลำพัง เพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทนหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 ร่วมด้วยได้ เพื่อความมั่นคงทางไฟฟ้า ทั้งนี้ในทางปฏิบัติการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่า แต่ก็มีบางห้างสรรพสินค้าที่มีหม้อแปลงไฟฟ้าเพียง 1 ตัว ในกรณีนี้อาจมีการเลือกใช้ขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าสูงเกินการใช้งาน

ทั้งนี้หากมองเรื่องพิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้าเมื่อเปิดพัดลมที่สามารถทำงานจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เกินอีก 40% ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อใช้สำหรับกรณีที่มีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิน

ชั่วขณะ ซึ่งโดยส่วนใหญ่การใช้งานของพัดลมเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้าเกินนั้นจะนิยมใช้ในกรณีที่มีหม้อแปลงไฟฟ้ามากกว่า 1 ตัว เพื่อใช้สำหรับการจ่ายทดแทนกัน เพื่อให้ความมั่นคงทางไฟฟ้าชั่วขณะ เมื่อมีเหตุจำเป็นของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวหนึ่งตัวใด รวมถึงกรณีที่เซอร์กิตเบรกเกอร์เมนตัวหนึ่งตัวใดเกิดเหตุเสียหายความผิดพลาดชั่วขณะ โดยวิศวกรไฟฟ้าผู้ที่มีความรู้ก็จะมาบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญตามที่ได้ทำแผนสำรองกรณีฉุกเฉินใดๆเกิดขึ้นตามขั้นตอนและกระบวนการที่ได้จัดเตรียมไว้

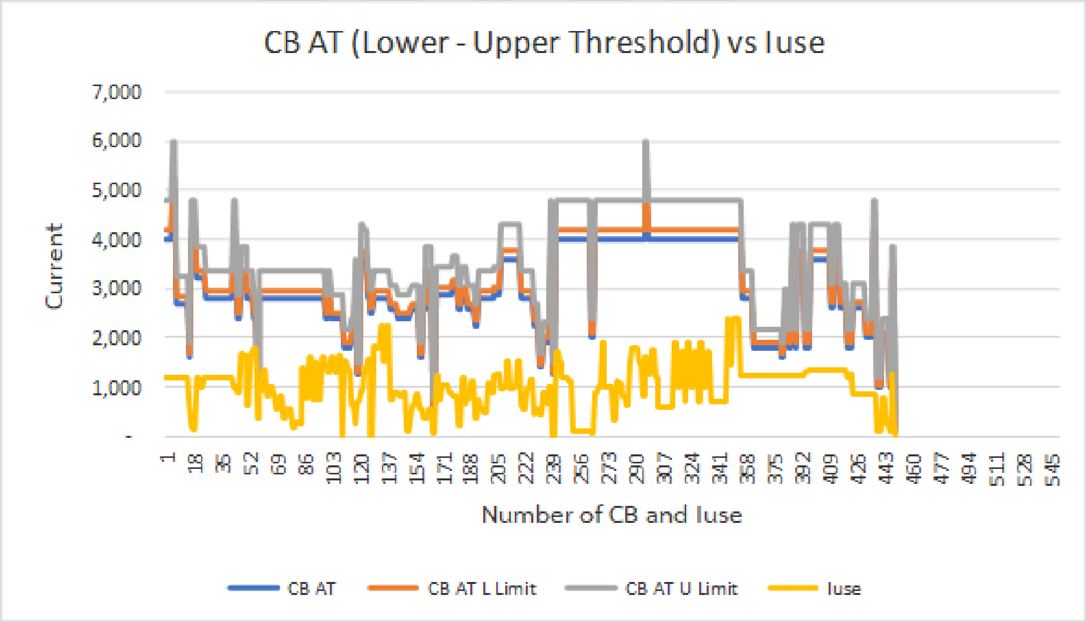
2.2.2 การเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ ในส่วน Ampere Frame ที่ Mean 3,576A Ampere Trip ที่ Mean 3,002A โดยมีการใช้งานกระแสจริงที่ Mean 1,013A ซึ่งเป็นที่แน่นอนว่าเซอร์กิตเบรกเกอร์เมนนั้นไม่สามารถทำงานได้ในส่วนหน้าที่ของการป้องกันกระแสเกิน



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงMean (สีส้ม) กับพิกัดที่หม้อแปลงและ C.B (สีน้ำเงิน)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับตอนที่ 2 ขนาดหม้อแปลงที่จ่ายพลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า Mean 1,826kVA, I_{Rated} Mean = 2,635A ใช้กระแสจริง Mean 1,013A., การใช้กระแสจริงต่อพิกัดกระแสของหม้อแปลงที่ 39%, การใช้กระแสจริงต่อ Ampere Trip: AT ของ C.B ที่ 36%, AT ของ C.B ที่ 3,002AT, AF ของ C.B ที่ 3,576AF, Capacitor Bank ใช้งานเพียง 1.4 Step จาก Total Capacitor Bank 11 Step โดยเฉลี่ย

ทั้งนี้ปริมาณกระแสใช้จริงเฉลี่ยที่ 1,013A การตั้งค่าของ C.B AT ที่เฉลี่ย 3,002A โดย C.B จะสามารถทำงานที่ 5% - 120% ของ AT (Threshold) เฉลี่ยที่ 2,767 - 3,162A ตามกราฟเส้นด้านล่างนี้

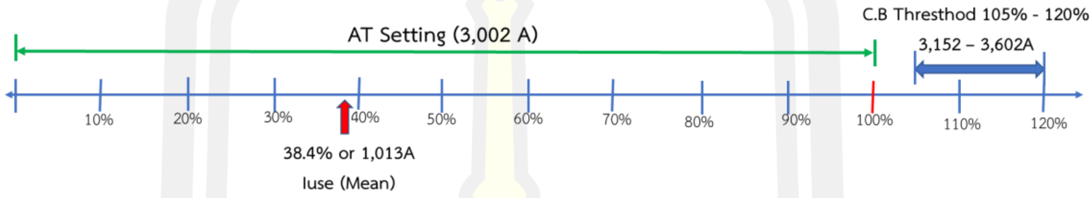


ภาพที่ 18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ยเชิงเส้น

2.2.2 %Iuse / ICB AT โดย Mean = 1,013A / 3,002A คือ ปริมาณกระแสใช้จริงเป็นอัตราส่วนร้อยละMean 33.7% ที่ Ampere Trip: AT ของ Circuit Breaker โดย Ampere Trip: AT หมายถึง Threshold ที่ C.B จะเริ่มทำงาน ปกติ C.B ตามมาตรฐาน IEC60947-2 C.B ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นเมนของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ จะเป็นประเภท Air Circuit Breaker: ACB เช่น ACB ของตราสินค้าชไนเดอร์ที่มียอดขายสูงติดอันดับ 1 ใน 3 ของโลก ใน User manual 07/2020 ACB รุ่น MVS ที่มีการตั้งค่า Long Time = 1 หรือ AT = AF โดย ACB จะเริ่มทำงานเมื่อกระแสเกินที่ 105% - 120% ของ Ir (โดย time delay (S) ตั้งที่ปกติ ไม่มีการหน่วงเวลาใดๆ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสไฟที่ใช้ หากกระแสเกินมาก เวลาในการทำงานของ C.B ก็จะทำงานเร็วขึ้น ดังนั้นกระแสใช้จริง Mean เพียงแค่ 33.7% ของ AT (หรือหากพิจารณากระแสที่ใช้จริง Mean เทียบ AT ของ C.B คือ = 1,013A / 3,002A = 33.7%) จึงพิสูจน์ได้ 100% ว่า C.B จะไม่สามารถทำงานได้ในหน้าที่การป้องกันกระแสเกิน โดยในส่วนการวิเคราะห์ส่วนนี้ จะเห็นได้ว่า C.B จะสามารถทำงานได้ ขึ้นกับการตั้งค่าของขนาด AT ผลการวิเคราะห์ AT โดยเฉลี่ยที่ 3,002 A. ซึ่ง C.B จะเริ่มทำงานคือ ต้องมีกระแสเกิน

ขึ้นมาประมาณ 5 - 20% ก็คือ 2,767 – 3,602 A. ที่ C.B จะเริ่มทำงานในส่วนหน้าที่การป้องกันกระแสเกิน ดังนั้น C.B ในกรณีที่ใช้งานสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าฯจะไม่สามารถทำงานได้

หมายเหตุ ACB ของตราสินค้า ABB Technical catalogue (1SDC200001D0201)) รุ่น Emax PR111 PR112 และ PR113 ที่ Function Overload protection: L มีค่า Release between 1.1 – 1.2 x I1 (110% - 120% ของ AT)



ภาพที่ 19 กราฟเชิงเส้นปริมาณกระแสใช้จริงMean และช่วงกระแสที่ C.B จะสามารถทำงานได้

2.2.3 % Iuse / ICB AF จะได้ 1,013A / 3,576 = 28.3% ในส่วนนี้ AF คือ พิกัดโครงสร้างของ C.B ที่สามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ตามพิกัดโครงสร้าง ดังนั้น AF ของ C.B มีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริง

สำหรับข้อ 2.2.2 และ 2.2.3 การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าเช่น หม้อแปลงไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า และบริภัณฑ์ไฟฟ้าประกอบอื่นๆ สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าที่อยู่ในบทที่ 9 ของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย จะสามารถมองได้หลากหลายมุมมองดังนี้จะมีขนาดใหญ่กว่าการใช้งานจริงอย่างมาก ซึ่งมีผลกระทบที่สำคัญๆ ดังนี้

2.2.3.1 เรื่องความปลอดภัย เป็นเรื่องสำคัญประการแรกของระบบไฟฟ้าและของทุกๆเรื่อง กรณีนี้ถือว่าไม่ปลอดภัยกับระบบไฟฟ้า เพราะเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่สามารถทำงานหรือทำหน้าที่ได้ ในกรณีที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าเกิน เนื่องจากมีการเลือกขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ขนาดใหญ่เกินไปอย่างมาก และไม่มีการตั้งค่า Ampere Trip: AT ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

2.2.3.2 การสูญเสียพลังงานอย่างมหาศาลที่เกิดขึ้นจากการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่ และใช้หม้อแปลงขนาดใหญ่พร้อมๆ กันมากกว่า 1 ตัว แต่หม้อแปลงทั้งหมดจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพียง 39% ของพิกัดความสามารถการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงเท่านั้น

2.2.3.3 ไม่มีโอกาสได้ใช้งานหม้อแปลงอย่างเต็มพิกัดทั้งเต็มที่ตามพิกัด และเต็มที่ตามความสามารถ (Forced Air 140%)

2.2.3.4 การลงทุนขั้นต้น ในการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่มากเกิน

2.2.3.5 ทำให้เสียพื้นที่ในการติดตั้ง เนื่องจากบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่

2.2.3.6 เกิดปัญหาในการตั้งค่าการใช้งานที่ห่างเกินกว่าการใช้งานจริง

2.2.3.7 ทำให้เกิดการเสียต้นทุนสำหรับการบริหารจัดการระบบไฟฟ้าที่มีค่าใช้จ่ายสูงตามขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

2.2.3.8 ทำให้สูญเสียต้นทุนที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่สูงเกินการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าเพื่อติดตั้งในระบบไฟฟ้า ในส่วน C.B จะมีแนวทางการพิจารณาการเลือกใช้ดังนี้

1) Icu, Ics, Icw ที่ได้จากการคำนวณ ว่า C.B ที่เลือกใช้ต้องมีขีดความสามารถในการทนต่อการเกิดกระแสลัดวงจร ได้เท่าไหร่ เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2) Ampere Flame: AF เป็นพิกัดกระแสโครงสร้างของ C.B ว่า C.B ที่เลือกใช้งาน สามารถใช้กระแสสูงสุดได้เท่าไหร่ ในโครงสร้างของ C.B และสะดวกในการหาทดแทน

3) Ampere Trip: AT เป็นพิกัดกระแส ที่จะทำงานเมื่อมีกระแสเกินกว่ากระแสใช้งานจริงที่ปรับตั้งไว้โดยปกติ สามารถอธิบายตามประเภทของ C.B เช่นกรณีเรื่องหน้าที่ของ C.B สำหรับการป้องกันกระแสเกินที่ AT = AF โดย Long time = 1 ซึ่งได้ Tripping between การทำงานของ C.B ในแต่ละแบบคร่าวๆ ดังนี้

3.1) ACB Tripping between 5-20% เช่น C.B 1000AT C.B จะทำงานที่ 1050 - 1200A.

3.2) MCCB Tripping between 5-20% เช่น C.B 100A C.B จะทำงานที่ 105 - 120A.

3.3) MCB curve C ประมาณ 13-45% เช่น C.B ขนาด 10A C.B จะทำงานที่ 11.3 - 14.5A.

2.2.4 การเปรียบเทียบ Capacitor Bank ที่ใช้งานMean = 1.4 Step เทียบกับ Capacitor Bank ทั้งหมดที่ติดตั้งใช้งานMean = 11 Step ดังนั้นการเลือกใช้หรือติดตั้ง Capacitor Bank ในระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าฯมีปริมาณการเลือกใช้สูงเกินกว่าการใช้งานจริงอย่างมากๆ โดยหน้าที่ของ Capacitor เพื่อชดเชยหรือปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้า สอดคล้องกับงานวิจัยของ M. A. Choudhry and W. Zada (2005) เพื่อชดเชยบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีการใช้ขดลวด เช่น Heating Ventilation and Air Conditioning: HVAC หรือ เครื่องปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ระบบระบายอากาศ ปั๊มน้ำ เป็นต้น

2.3 การสรุปผลสำหรับแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 3. การขอความคิดเห็นผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้า เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานคร มีข้อสรุปดังนี้

2.3.1 การทวนสอบความเข้าใจ ความเหมาะสมของการวัดค่า การจดบันทึกค่าในตอนที่ 2 โดยผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้า และการให้ความคิดเห็นระดับความเหมาะสมเมื่อเทียบกับ

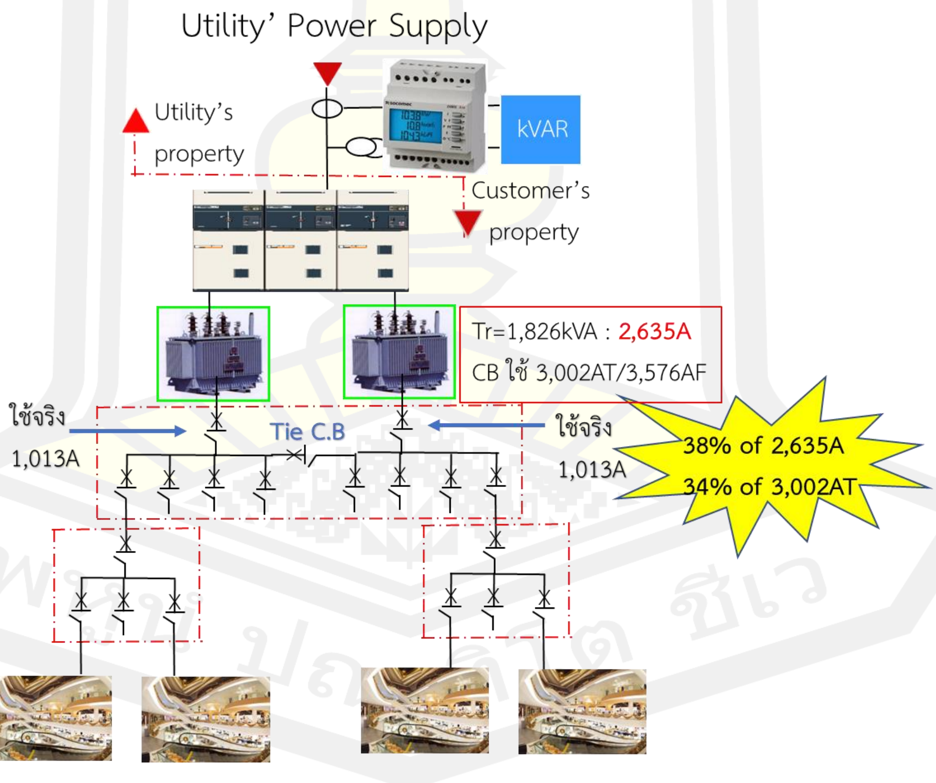
การเลือกใช้การติดตั้งของอาคารห้างสรรพสินค้าฯ จะเห็นได้ชัดว่าผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้าให้ระดับความเหมาะสม มีค่าเฉลี่ยมากกว่า 98.2% - 100% หมายถึงมีความเหมาะสม จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้ามีความเข้าใจว่าการเลือกใช้ที่ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าในอาคารห้างสรรพสินค้าเหมาะสม แต่ที่จริงแล้ว ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีการเลือกใช้ที่สูงเกินการใช้งานอย่างมาก และยังไม่มีการปรับตั้งค่าการใช้งานให้เหมาะสมกันทั้งระบบไฟฟ้าด้วย ทั้งนี้การจะปรับตั้งค่าต่างๆ ของบริภัณฑ์ไฟฟ้านั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการบันทึก การวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยผู้ที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะทางอย่างแท้จริง ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับตั้งค่าต่างๆ เช่น AT ของ C.B ให้สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ต่างๆ และการให้ข้อมูลความรู้กับผู้ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเพิ่มเติมทักษะและการปรับตั้งค่าอย่างต่อเนื่องให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยไม่กระทบกับผู้พักอาศัยในอาคารห้างสรรพสินค้า

ทั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยการใช้หลักการทางสถิติตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย เพื่อให้มั่นใจว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากรมีจำนวนที่มากพอสำหรับการวิจัย Taro Yamane [32] ใช้หลักการทางสถิติ T-Test, p value, Degree of Freedom, การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference, การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Test), การใช้ผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสำหรับสถานพยาบาลและกลุ่มอาคารชุด ซึ่งถือได้ว่าเป็นการใช้งานแบบวิกฤติและแบบมีข้อกำหนดตามข้อบังคับของการไฟฟ้าฯ สอดคล้องกับงานวิจัยของ P. A. Scarpino and F. Grasso [33] เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ มีค่าเกือบ 100% ซึ่งมากกว่า 90% จึงถือว่า ผลเป็นที่ยอมรับได้อย่างมาก และการใช้ข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน สำหรับการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามและผลของแบบสอบถาม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นประกอบที่สอดคล้องกับการตั้งสมมุติฐาน ที่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า กลุ่มตัวอย่างประชากรที่มีความเชือถือได้ตามหลักการทางสถิติ และเครื่องมือต่างๆ ดังที่กล่าวของงานวิจัยนี้ สามารถชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทย และผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของสถานพยาบาลและอาคารชุด ต่างก็มีปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมจริง น้อยกว่าการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบไฟฟ้าที่มีใช้งานจริงตามมาตรฐานฯ

3. เพื่อหาแนวทางบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าให้มีประสิทธิภาพ

การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าฯในส่วนของระบบไฟฟ้าเพื่อหาแนวทางบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าให้มีประสิทธิภาพ โดยการหากลยุทธ์การใช้พลังงาน สอดคล้องกับงานวิจัย Marotta, I. , Guarino, F. , Cellura, M. , & Longo, S. [34] มีส่วนที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจากหม้อแปลง

ไฟฟ้า สำหรับพลังงานที่สูญเสียจากแกนเหล็ก การสูญเสียจากการกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Calise, F. , Cappiello, F. L. , D'Agostino, D. , & Vicidomini, M. [35] เนื่องจากอาคารห้างสรรพสินค้าฯหรือ อาคารส่วนใหญ่จำเป็นต้องออกแบบและเลือกใช้หม้อแปลงมากกว่า 1 ตัว การใช้ไฟฟ้าในอาคาร หรือ สถานที่ที่ต้องการความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จำเป็นต้องออกแบบ ให้มีจำนวนหม้อแปลงอย่างน้อย 2 ตัว เพื่อการเผื่อการใช้งานทดแทนกัน ในเวลาที่หม้อแปลง หรือ เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์เมนของระบบไฟฟ้าจากส่วนหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งเสีย (Redundancy) หม้อแปลงและเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์อีกตัวจะมีการต่อวงจรแบบ Tie หรือ เรียกว่า Tie Circuit Breaker จะต่อถึงในส่วนที่หม้อแปลงหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวนั้นเสีย เพื่อช่วยจ่ายไฟให้สามารถใช้งานแทนกันได้ ดังนั้นในการออกแบบจะให้มีหม้อแปลง 2 ตัว และแบ่งกันทำงาน ตัวละครึ่ง โดยหากตัวใดเสีย อีกตัวก็สามารถทำงานทดแทนได้ ดังนั้นในการออกแบบหม้อแปลงจะคำนวณให้หม้อแปลงสามารถทำงานได้ไม่เกิน 50% ของพิกัดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่หม้อแปลงสามารถจ่ายได้ โดยพิจารณาจากภาพ 1 ภาพวงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้า ที่มีความเชื่อถือได้ จะมีหม้อแปลง 2 ตัว ให้สามารถทำงานทดแทนกันได้ ดังภาพประกอบนี้



ภาพที่ 20 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้ จะมีหม้อแปลง 2 ตัว

สรุปได้ว่าการเก็บข้อมูลการเลือกใช้หม้อแปลงจำนวน 450 ตัว ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทยแล้วนำมาทำการจัดการข้อมูล วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยวิเคราะห์ทางสถิติ จะได้ค่าเฉลี่ยการใช้หม้อแปลงเป็นขนาด 1,826 kVA ซึ่งในทางปฏิบัติผู้ผลิตมีการผลิตที่พิกัด 2000 kVA การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเพียง 38% (1,013A / 2,635A) ของพิกัดหม้อแปลง จากผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านการจัดการ โดยสถิติสามารถลดขนาดหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือเพียง 1 ตัวได้ และจะมีการลดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงลง ลดค่าความสูญเสียโดยรวม (ค่าความสูญเสียแกนเหล็ก + ค่าความสูญเสียทองแดง) เท่ากับ 5,566 W ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้ามีการใช้งาน 24ชม. การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่สูญเสียไป = 133,584 W/Day จึงเป็นพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในปริมาณอย่างสูงมาก ทั้งยังเป็นการลดการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงเป็นการยืดอายุหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการลดจำนวนหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือ 1 ตัวนั้น ไม่มีผลกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า เนื่องจากการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพียง 1 ตัว ยังถือว่ามีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่เพียง 76% เท่านั้น จึงมีความเพียงพออย่างยิ่งกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้า ไม่มีผลกระทบใดๆ ในเรื่องความมั่นคง ความเสถียรภาพ และความเชื่อถือได้ทางระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าดังภาพที่ 21

2000 kVA 3 Ø 22 kV

ค่า Loss	Fe 2,110 W	=	2.11	kW	%Z @31.972% =	31.972 x 2000 / 2.11+2.208+639.44	= 639.44 / 643.757	= 99.329%
	Cu. 21,600 W	=	21.60	kW				

%z at any load = [(% Load x Capacity)/100 / Fe + Cu. at any % load + (%LoadxCapacity)/100] x 100

Cu. At any % load = [%Load / 100]² x Load loss

%Z @35% = 35*2000 / 2.11+3.119+760 = 99.32%

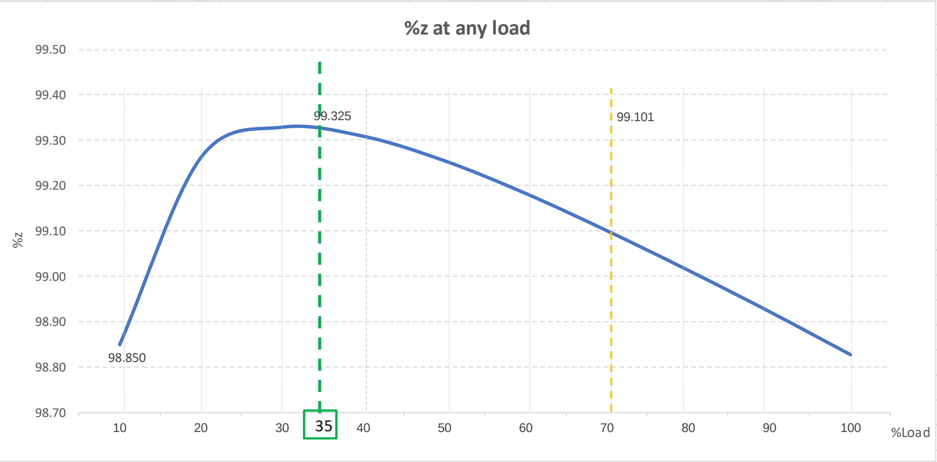
%Z @70% = 70*2000 / 2.11+12.4762+1520 = 99.77%

%Z @45% = 45*1600 / 1.88+3.767+720 = 99.22%

133584

%Z @90% = 90*1600 / 1.88+15.07+1440 = 98.84%

%Load	10	20	30	31.25	35	38	40	50	60	70	76	80	90	100
Fe loss (kW)	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
Cu. Loss (kW)	21.6	0.864	1.944	2.11	2.6460	3.456	3.456	5.4	7.776	10.584	13.824	13.824	17.496	21.60
Total loss (kW)	23.71	2.974	4.054	4.22	4.756	5.566	5.566	7.51	9.886	12.694	15.934	15.934	19.606	23.71
%z at any load	98.850	99.262	99.3289	99.3294	99.325	99.320	99.309	99.255	99.183	99.101	99.05	99.014	98.923	98.828



ภาพที่ 21 การเก็บข้อมูลการเลือกใช้หม้อแปลงของอาคารห้างสรรพสินค้า

ข้อแนะนำแนวทางผลสรุปสำหรับความมุ่งหมายเพื่อศึกษาหลักการทำงานของ หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ใช้ในกรุงเทพฯ สามารถลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 2 ตัว ลงเหลือ 1 ตัว ได้ โดยมีกระบวนการลดและสลับกันทำงานอย่างง่ายๆ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานสูญเสียโดยรวม และลดการการบำรุงรักษา รวมถึงการยืดอายุของหม้อแปลงไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น ซึ่งมีแนวคิดย่อยๆ ดังนี้

1) การยอมที่จะจ่ายไฟเข้าเฉพาะส่วนขดปฐมภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต้องการลดหรือประหยัดพลังงาน เพื่อลดค่าใช้จ่ายการให้หม้อแปลงกลับมาทำงานใหม่ เพราะถ้าตัดไฟทั้งหมดของหม้อแปลง เป็นเวลายาวนานมาก ถ้าดับไฟทั้งส่วนขดปฐมภูมิและทุติยภูมิมากกว่า 6 เดือน – 1ปี หรือเกินกว่า 1 ปี เมื่อนำหม้อแปลงมาใช้ใหม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบความพร้อมก่อนใช้งาน และอาจเสียเวลาในการตรวจสอบ แต่ก็น่าจะคุ้มค่ากับการปิดใช้งาน

2) การดับหม้อแปลงทั้งส่วนขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ หรือดับไฟที่จะจ่ายเข้าหม้อแปลง วิธีนี้ก็จะมีผลไม่ต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้าใดๆ โดยวิธีนี้ไม่ควรดับไฟนานเกิน 3 เดือน ทั้งนี้ควรต้องมีการทดสอบในทางปฏิบัติ เพื่อให้มั่นใจอย่างเต็มที่ หรือต้องทำการพิจารณาสภาพแวดล้อมต่างๆ ประกอบ

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือลดลงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการที่ความถี่เท่าเดิมซึ่งอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด และแกนเหล็ก โดยพลังงานไฟฟ้าจะถ่ายทอดจากขดลวดด้านจ่ายไฟเข้า (ขดปฐมภูมิ) หม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ซึ่งมีผลกับการกำเนิดความร้อนขึ้นที่หม้อแปลงไฟฟ้า และห้องไฟฟ้า ปกติห้องไฟฟ้าก็จะต้องมีระบบปรับอากาศเพื่อช่วยให้อุณหภูมิห้องของห้องไฟฟ้ามีอุณหภูมิไม่สูงหรือไม่ร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Calise, F., Cappiello, F. L., D'Agostino, D., & Vicidomini, M. [35] เพราะเกรงว่าจะมีผลกระทบกับระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ของบริภัณฑ์ไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีแนวทางในการลดพลังงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu, Q. , Lu, Y. , Hwang, B. G. , & Kua, H. W. [36] หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิด เช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) หม้อแปลงสำหรับเครื่องมือวัด (Instrument Transformer) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะหม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งก็คือหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากระบบ แรงดันปานกลาง (Medium Voltage) ไปเป็นระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage) เพื่อใช้งาน มีขนาดหน่วยเป็น kVA

ตามข้อกำหนดของมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย หรือข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ หม้อแปลงที่ติดตั้งใช้งานภายในอาคาร ควรเป็นหม้อแปลงแห้ง เพื่อความปลอดภัย หม้อแปลงแห้งชนิด Cast Resin สามารถทำให้จ่ายโหลดได้เพิ่มประมาณ 40% ของพิกัดปกติของ หม้อแปลงได้โดยการติดตั้งพัดลมช่วยในการระบายความร้อน เมื่อหม้อแปลงเริ่มจ่ายโหลดเกินพิกัด ตัวรับสัญญาณความร้อนที่ฝังอยู่ใกล้จุดความร้อนสูงสุดจะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมรีเลย์ความร้อนทำงานและสั่ง ให้พัดลมทำงานเพื่อระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้นออกไป ดังนั้นหม้อแปลงแห้งที่ใช้อาคารห้างสรรพสินค้าฯจะไม่มีโอกาสที่จะทำงานในหน้าที่ส่วนการใช้พัดลม เพื่อการเพิ่มการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า ซึ่งทำให้สูญเสียหน้าที่ และสูญเสียการลงทุนในส่วนของการเพิ่มเติมขนาดของหม้อแปลง การเพิ่มเติมขดลวด เพิ่มเติมระบบระบายอากาศ ค่าความสูญเสียโดยรวมที่เกิดขึ้นเมื่อไม่ได้ใช้งาน และยังสูญเสียค่าบำรุงรักษาของหม้อแปลงและอุปกรณ์ประกอบ

4. เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อการลดต้นทุนและเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน

สรุปได้ชัดเจน สำหรับการออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าในงานใหม่ สามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการลดต้นทุน โดยการลดขนาดของหม้อแปลงลงตั้งแต่ 1-4 Steps โดยสามารถอ้างอิงถึงการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 1,013A จะมีขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลง ที่ระดับการใช้หม้อแปลงต่างๆ ดังนี้

Tr.2000kVA พิกัดกระแส 2,886A. ใช้งาน 1,013A. = 1,013 / 2,886 = 35% Main C.B = 4000AF (หม้อแปลงแบบแห้ง จ่ายแบบ AF ได้ถึง 4,040A)

Tr.1600kVA พิกัดกระแส 2,309A. ใช้งาน 1,013A. = 1,013 / 2,308 = 43.8% Main C.B = 3200AF (หม้อแปลงแบบแห้ง จ่ายแบบ AF ได้ถึง 3,233A)

Tr.1250kVA พิกัดกระแส 1,800A. ใช้งาน 1,013A = 1,013 / 1,800 = 56.3% โดย Main C.B = 2500AF (หม้อแปลงแบบแห้ง จ่ายแบบ AF ได้ถึง 2,520A)

Tr.1000kVA พิกัดกระแส 1,443A. ใช้งาน 1,013A = 1,013 / 1,443 = 70.2% โดย Main C.B = 2000AF (หม้อแปลงแบบแห้ง จ่ายแบบ AF ได้ถึง 2,020A)

Tr. 800kVA พิกัดกระแส 1,154A. ใช้งาน 1,013A = 1,013 / 1,154 = 87.7% โดย Main C.B = 1600AF (หม้อแปลงแบบแห้ง จ่ายแบบ AF ได้ถึง 1,616A

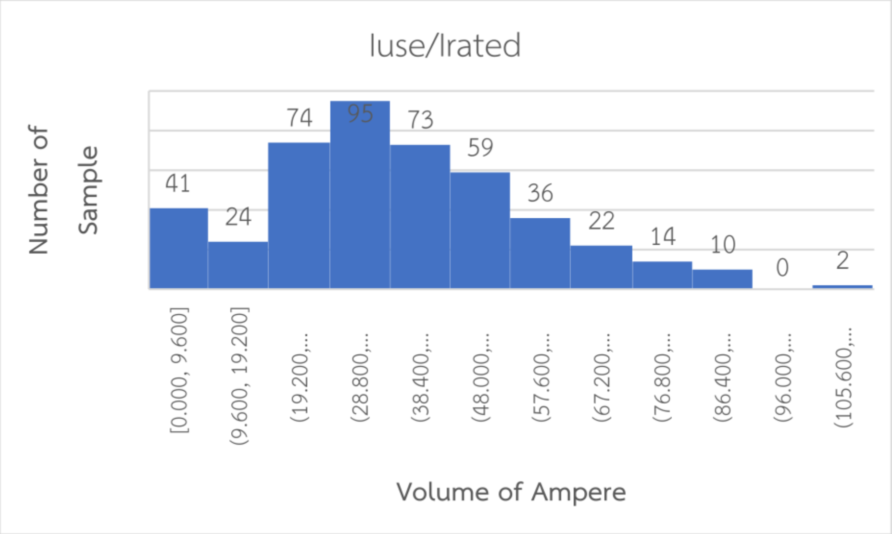
การลดขนาดลง 4 ขนาด จะมีผลกระทบกับภาพรวมของต้นทุนในการลงทุนลดลงประมาณ 54% ซึ่งหากมองในมุมทางเศรษฐศาสตร์ จะมีผลการการคำนวณผลตอบแทนที่คือทุนเร็วกว่ากำหนดถึง 54% หรือ มีการระยะเวลาในการคืนทุน เหลือเพียง 46% เท่านั้น ซึ่งถือเป็นความคุ้มค่าทางศรษฐศาสตร์อย่างมาก ซึ่งการวิจัยฯ ได้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยสูงสุดของปริมาณผู้ใช้บริการประมาณ 80 - 100% ของผู้มาใช้บริการสูงสุด เนื่องจากเป็นช่วงหลังภาวะการณ์หลังโควิดที่ผู้ใช้บริการต้องการมาพักผ่อนในห้างสรรพสินค้ากันอย่างเต็มที่ โดยการนับจำนวนของผู้ใช้บริการทางอาคารห้างสรรพสินค้าโดยส่วนใหญ่ ได้ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้ามีประมาณ 38% ของพิกัดหม้อแปลง ผู้วิจัยฯ จึงขอให้ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าที่ต่ำสุดของปริมาณผู้อยู่อาศัยที่ 80% ของผู้ใช้บริการ เพื่อความลดความเสี่ยงการเพิ่มขึ้นของผู้ใช้บริการในอนาคต เมื่อมีการปรับลดขนาดหม้อแปลงแล้ว จะได้ไม่มีผลกระทบกับความเชื่อถือได้และความมีเสถียรภาพความมั่นคงทางไฟฟ้าของระบบไฟฟ้า เมื่อมีผู้ใช้บริการมากขึ้นจาก 80% เป็น 100% ในอนาคต จาการใช้ไฟฟ้าMean 38% ดังนั้นต้องทำการลดรายการคำนวณโหลดตั้งแต่ในแสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ ค่า Coincidence รวมถึงส่วนของวงจรย่อย สายป้อน สายประธานและแผงสวิตช์เมน เพื่อเป็นการทวนสอบรายการคำนวณ ให้สอดคล้องกับผลสรุปการจัดการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าฯซึ่งจะมีผลกับ บริภัณฑ์ประกอบสำหรับหม้อแปลง สายไฟฟ้า บัสเวย์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ตู้ไฟฟ้าในทุกๆระดับของระบบไฟฟ้า คาปาซิเตอร์แบงค์ รางเดินสาย ท่อเดินสาย หางปลา ค่าแรง ค่าติดตั้ง ระยะเวลาในการสั่งซื้อของ สินค้าคงคลัง(อะไหล่)

พื้นที่การติดตั้ง ค่าดูแล ค่าบำรุงรักษา ต้นทุนการส่งของที่มีผลกับขนาดและน้ำหนักประกอบด้วย ที่เป็นลูกโซ่เกี่ยวเนื่อง เกี่ยวพันกับการออกแบบ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า รวมถึงการใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้าทั้งหมดโดยรวม ผู้วิจัยฯ ขอเลือกแนวทางการปรับลดขนาดของหม้อแปลง เมื่อมีผู้ใช้บริการมากขึ้นถึง 100% โดยมีหลักการลดดังนี้

1. ปัจจุบันคำนวณการใช้ไฟฟ้าของผู้ใช้บริการ 80 – 100% มีการใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 38% ของหม้อแปลงไฟฟ้า

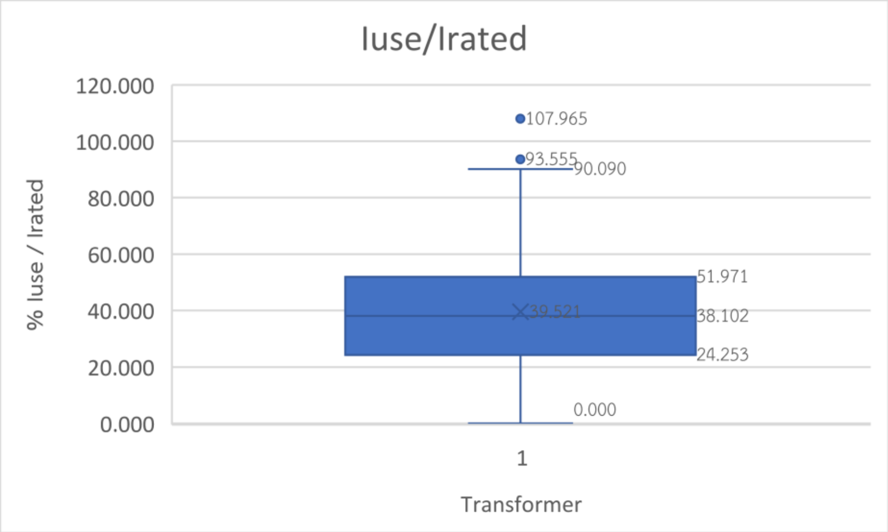
2. ผู้วิจัยฯ เลือกเกณฑ์ปริมาณผู้ใช้บริการที่ 80% โดยการคูณ 1.25 เพื่อให้มีอัตราผู้ใช้บริการที่ 100% โดยค่าเฉลี่ยการใช้กระแสไฟฟ้าจริงที่ 1,013A เมื่อคูณ 1.25 ได้เท่ากับ 1,266A และอัตราส่วน Iuse / Irated ที่ 1,266 / 2,635 ได้เท่ากับ 48% ซึ่งเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้ายังสามารถทำการ Tie กันได้ (การ Tie หมายถึง กรณีที่มีหม้อแปลง 2 ตัว หม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งสามารถรับภาระโหลดของอีกตัวได้) โดยไม่ต้องมีการปรับลดการคำนวณโหลดในส่วนอื่นๆ

3. ผู้วิจัยได้หาเหตุผลในเรื่องแนวโน้มการใช้กระแสไฟฟ้าจริงจากการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่างประชากรจำนวน 450 ตัวอย่าง ที่มีจำนวนมากพอตามหลักการของทาโร่ยามาเน่ โดยข้อมูลที่ได้มา ทางผู้วิจัยได้ทำการทวนสอบด้วยการลงพื้นที่สุ่มทดสอบ รวมถึงการทวนสอบด้วยการใช้กลุ่มตัวอย่างอย่างของสถานพยาบาลและกลุ่มอาคารชุดที่อยู่ในข่ายของอาคารขนาดใหญ่ อาคารขนาดใหญ่พิเศษ และอาคารสูง จากข้อมูลกลุ่มตัวอย่างนำมาวิเคราะห์ตามหลักการทางสถิติได้กราฟดังรูป



ภาพที่ 22 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้งานจริง ต่อ กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า Iuse / Irated

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้งานจริง ต่อ กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า Iuse / Irated ที่มีจำนวนหม้อแปลงเป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นตัวแทนกลุ่มประชากรทั้งหมด มีกราฟลักษณะที่เบ้ไปทางซ้าย เป็นแนวโน้มให้เห็นชัดเจนว่ามีอัตราส่วน Iuse / Irated ในอัตราส่วนที่น้อยลง ซึ่งสอดคล้องเสริมเหตุผลในการบริหารจัดการในเรื่องการลดต้นทุน ด้วยการลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า



ภาพที่ 23 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้งานจริง ต่อ กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า Iuse / Irated ในทางสถิติศาสตร์ ควอร์ไทล์ (quartile)

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสที่ใช้งานจริง ต่อ กระแสพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า Iuse / Irated ในทางสถิติศาสตร์ ควอร์ไทล์ (quartile) เป็นชนิดของควอนไทล์ ซึ่งแบ่งจำนวนข้อมูลออกเป็น 4 ส่วน ประมาณเท่าๆ กัน ข้อมูลต้องเรียงจากน้อยไปมากเพื่อที่จะได้หาควอร์ไทล์ ควอร์ไทล์คือรูปแบบหนึ่งของสถิติเชิงอันดับ มี 3 ควอร์ไทล์หลักๆ ดังนี้

ควอร์ไทล์ที่ 1 (Q1) เป็นตัวเลขตรงกลางระหว่างจำนวนที่น้อยที่สุด (minimum) และมัธยฐานของชุดข้อมูล อาจเรียกควอร์ไทล์นี้ได้ว่าควอร์ไทล์ล่าง (lower quartile) หรือ ควอนไทล์เชิงประจักษ์ที่ 25 (25th empirical quantile) เพราะ 25% ของข้อมูลทั้งหมดอยู่ใต้จุดที่มีค่าต่ำกว่า 24.523%

ควอร์ไทล์ที่ 2 (Q2) เป็นมัธยฐานของชุดข้อมูล ดังนั้น 50% ของข้อมูลอยู่ใต้จุดที่มีค่าต่ำกว่า 38.102%

ควอร์ไทล์ที่ 3 (Q3) เป็นตัวเลขตรงกลางระหว่างมัธยฐานและจำนวนที่มากที่สุด (ค่าสูงสุด อังกฤษ: maximum) ของชุดข้อมูล อาจเรียกควอร์ไทล์นี้ได้ว่าควอร์ไทล์บน (upper quartile) หรือ

ควอนไทล์เชิงประจักษ์ที่ 75 (75th empirical quantile) เพราะ 75% ของข้อมูลทั้งหมดอยู่ใต้จุดที่มีค่าต่ำกว่า 51.917%

5.3 อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ สามารถอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. การเก็บข้อมูล เพื่อประเมินผลตามหลักการทางสถิติและการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า เป็นได้ด้วยอย่างดีมีคุณภาพ ตรงตามหนึ่งสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ ในกรณีที่มีการใช้งานจริงน้อยกว่าที่มีการออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า มีการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริงโดยเฉลี่ยเพียง 1,013A หรือ 38% ของพิกัดความสามารถที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายพลังงานโดยรวมได้ในภาวะปกติ โดยมีการใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์สายไฟ และบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆที่เกี่ยวข้องนั้นใหญ่เกินกว่าความต้องการใช้งานจริงโดยเฉลี่ยอย่างมากๆ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้มีการทวนสอบการเพิ่มกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในกลุ่มสถานพยาบาล และกลุ่มอาคารชุด เพื่อทวนสอบหลักการทางวิศวกรรมที่มีใช้หลักการคำนวณและออกแบบที่คล้ายๆ กัน ซึ่งในส่วนของสถานพยาบาลมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากๆ ยังมีการใช้พลังงานโดยรวมเพียง 17% และ 6.3% ตามลำดับเท่านั้น

ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับการประเมินทั้งกลุ่มตัวอย่างอาคารห้างสรรพสินค้า กลุ่มตัวอย่างสถานพยาบาลและกลุ่มอาคารชุด เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในส่วนของข้อมูล รวมทั้งผู้วิจัยได้เรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญรวม 7 ท่าน ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับวิศวกรไฟฟ้า มาตรฐานการออกแบบ การติดตั้ง การตรวจสอบ ที่มาจากหน่วยงานการไฟฟ้า กรมโยธาธิการและผังเมือง รวมถึงคณาจารย์ในภาคการศึกษา โดยทุกๆ ส่วนสรุปเป็นแนวทางเดียวกันอย่างชัดเจนว่าหลักการในการออกแบบระบบไฟฟ้ามีการเผื่อเหลือเผื่อขาด เกินกว่าที่ใช้จริงอย่างมาก โดยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมจริงน้อยกว่าการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าอย่างมาก การวิจัยครั้งนี้น่าจะทำให้ผู้ดูแลอาคาร ที่กรุณาช่วยให้ข้อมูล ต้องตื่นตัวที่จะเริ่มเก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม ว่ามีการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าในเกณฑ์เท่าใด เมื่อเทียบกับพิกัดการจ่ายพลังงานกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงแบบปกติที่สามารถจ่ายได้ เพื่อให้เกิดการทำงานที่สัมพันธ์กันและเกิดความปลอดภัยกับอาคารห้างสรรพสินค้า สำหรับในอนาคตอันใกล้นี้จะมีผลกับการกำหนดมาตรฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้าที่จะมีการจัดทำขึ้น หรือมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในลำดับต่อๆ ไป ต้องคำนึงถึงในส่วนการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในประเทศไทยกัยอย่างจริงจัง

เพื่อให้เกิดความเหมาะสม ความปลอดภัย ความมั่นคง มีเสถียรภาพ และความเชื่อถือได้สำหรับการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิผลที่สุด

2. การบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ผู้วัจัยต้องการให้มีการปรับเปลี่ยนหลักเกณฑ์ในบริหารจัดการพลังงานของอาคารห้างสรรพสินค้าที่อยู่ให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ในกรณีที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัวที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทนกันได้ โดยปิดการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่ง และใช้งานหม้อแปลงเพียง 1 ตัว ซึ่งการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพียง 1 ตัว ก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อาคารห้างสรรพสินค้าได้อย่างเพียงพอ มีความมั่นคง เสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ทั้งนี้การปิดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพียง 1 ตัวนั้น มีผลในเรื่องลดพลังงานสูญเสียทางไฟฟ้าลงถึง 50% ยังมีผลให้มีการยืดอายุการใช้งานในส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบที่ไม่ได้ทำงาน ยังรวมถึงช่วยลดการบำรุงรักษาในส่วนของวัสดุที่เกี่ยวข้องเมื่อมีการใช้งานตลอดเวลาโดยสามารถแบ่งรูปแบบการใช้งานจากผลวิจัยได้ 2 รูปแบบดังนี้

2.1 กรณีมีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าในอาคารห้างสรรพสินค้าแบบมีหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งเพียง 1 ตัว สามารถลดขนาดลงจาก 2,000kVA เป็น 800kVA ได้

2.2. กรณีมีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าในอาคารห้างสรรพสินค้าแบบมีหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งมากกว่า 1 ตัว หรือ 2 ตัว หรือมีการทำ Redundant เพื่อให้ระบบไฟฟ้ามีเสถียรภาพในการจ่ายไฟฟ้า เกิดความเชื่อถือได้ในระบบไฟฟ้า สามารถลดขนาดลงจาก 2,000 kVA เป็น 1,000kVA ได้

3. การหาแนวทางในการออกแบบ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า และหลักการทางเศรษฐศาตรร์ในเรื่องการลดต้นทุน ที่เหมาะสมจากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากผลการประเมินและการวิเคราะห์การใช้พลังงงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้า ที่ได้กล่าวถึงในข้อที่ผ่านมา จะเห็นได้ชัดเจนว่ามีการออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริงมากถึง 4 ขนาด หากมีการลดการออกแบบระบบไฟฟ้าและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าลงถึง 4 ขนาด จะมีผลกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเป็นลูกโซ่เป็นเฉพาะบางส่วนที่กล่าวถึงเท่านั้น ยังมีผลทำให้มีการลดต้นทุนลงถึง 54% ทั้งนี้หากมองทางด้านเศรษฐศาสตร์ในส่วนของผลตอบแทนการคืนทุน เครื่องมือในการวิเคราะห์ความเป็นไปได้ของโครงการ ใช้การวิเคราะห์ความเป็นไปได้ทางการเงิน เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการตัดสินใจลงทุน รวมทั้งเพื่อให้การตัดสินใจลงทุนมีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพนั้น ต้องอาศัยเครื่องมือทางการเงินเข้ามาช่วยในการวิเคราะห์ โดยมีการจัดทำประมาณการกระแสเงินสดที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคตก่อน แล้วนำมาคำนวณผ่านเครื่องมือต่างๆที่สำคัญ ได้แก่

2.1 ระยะเวลาคืนทุน (Payback Period: PB)

2.2 มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value: NPV)

2.3 อัตราผลตอบแทนคิดลด (Internal Rate of Return: IRR)

2.4 อัตราส่วนผลตอบแทนต่อต้นทุน (B/C ratio)

หรือการวิเคราะห์ทางการเงินอื่นๆ ก็จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีการคืนทุนเร็วกว่า อย่างน้อย 54% ทำให้งบประมาณาในการลงทุน เกิดผลตอบแทนสำหรับการคืนทุนที่เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีผลให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้ลดต้นทุนในการลงทุนลงมากกว่า 54% อย่างชัดเจน และหากมีการคิดคำนึ่งถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมด้วย รวมถึงค่าเสียโอกาสของการเสียพื้นที่ที่ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใหญ่เกินไป น่าจะมีผลกับการลดต้นทุนมากกกว่านี้

4. เรื่องความปลอดภัย เนื่องการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยของอาคารห้างสรรพสินค้าที่ 1,013A. คิดเป็น 34% จากการตั้งค่า Ampere trip: ที่ 3,001A ที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ จะมีช่วงทำงาน (threshold) 105% - 120% หรือระหว่าง 3,152A – 3,602A ดังนั้นเห็นได้ชัดว่าที่เซอร์กิตเบรกเกอร์เมนและเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวอื่นๆ ในระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้านั้นจะมีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริง และเกินกว่าความสามารถของเซอร์กิตเบรกเกอร์จะสามารถป้องกันกระแสเกินของแต่ละส่วน แต่ละวงจรได้ จึงเห็นได้ชัดเจนว่าจะเป็นอันตรายที่มีโอกาสเกิดกระแสเกินแล้วเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่สามารถทำงานได้ ทำให้เกิดการลุกลามไฟไหม้ได้ในลำดับต่อไป จึงต้องมีการตั้งค่า Ampere trip ให้เหมาะสมกับการใช้กระแสไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าของทั้งระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้า

5.4 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้สำหรับผู้จัดทำมาตรฐาน และกฏเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ร่วมช่วยกันศึกษาและหาแนวทาง เพื่อจัดทำมาตรฐานและกฏเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ ให้ทันสมัยเหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งาน และเทคโนโลยีในอนาคต เช่น การติดตั้งดิจิทัลมิเตอร์และเชื่อมต่อระบบให้สามารถบันทึกและนำมาวิเคราะห์ให้ได้ประโยชน์สูงสุดในด้านพลังงานไฟฟ้าแต่ละจุดและโดยรวม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ขอนำเสนอแนวทางการปรับลดรายการคำนวณในส่วนระบบทำความเย็นในห้องชุด จะมีการลดลงแบบสมเหตุสมผล โดยการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า จะมีความสอดคล้องกันมากกว่านี้

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ขอนำเสนอแนวทางการปรับลดรายการคำนวณในส่วนของการลดขนาดคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ไว้สำหรับการช่วยขดเชยตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เพื่อช่วยชดเชยในส่วนของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิ์ภาพต่ำ ให้เสียค่าไฟฟ้าลดลง ขอแนะนำบริภัณฑ์ไฟฟ้า

Static Var Generator: SVG ที่จะช่วยชดเชยตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ช่วยปรับความไม่เท่ากันของกระแสที่หม้อแปลง และช่วยกำจัดฮาโมนิกส์หรือสิ่งที่อาจจะรบกวนระบบไฟฟ้าได้ แบบสมเหตุสมผลตามที่เกิดขึ้นจริง โดยการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า จะได้มีความสอดคล้องเหมาะสมกันมากกว่านี้

4. หากในอนาคตมีการติดตั้งโซลาร์และการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า การใช้โซลาร์บนหลังคานั้นมีส่วนช่วยในการลดค่ากระแสไฟฟ้า ที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้พลังงานในช่วงกลางวันได้อย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Roberts, M. B., Sharma, A. และ MacGill, I. [37] หรือการใช้แบตเตอรี่เพิ่มเก็บกักพลังงานไว้ใช้เวลากลางคืน (เมื่อราคาแบตเตอรี่หรือตัวกักเก็บพลังงานมีราคาคุ้มทุนกว่านี้) ซึ่งจะต้องทำการศึกษา โดยการหาข้อมูลความต้องการและจำนวนที่จะติดตั้ง เพื่อให้ทราบรายละเอียดในเรื่องความปลอดภัย การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่เหมาะสมสัมพันธ์กับการใช้งานและความสามารถของระบบประกอบทั้งหมดโดยรวม หรือมีการตั้งมิเตอร์ใหม่ในกรณีที่จะมีการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาในการใช้พลังงานไฟฟ้า ทั้งนี้ทางอาคารห้างสรรพสินค้าเริ่มมีการติดตั้งใช้งานระบบโซลาร์มาระยะหนึ่งกันบ้างแล้ว ซึ่งก็จะมีผลกับปริมาณการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าในขณะทำการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าขณะทำแบบสอบถามขอความอนุเคราะห์ข้อมูลร่วมด้วย

5. ควรมีการพิจารณาการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของสถานพยาบาลและอาคารชุดทั้งแบบปกติ และแบบที่มีการติดตั้งโซล่าร์เพื่อการบริหารจัดการเรื่องการประหยัดพลังงาน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพด้านต่างๆ ด้านพลังงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ascione, F. , Bianco, N. , De Stasio, C. , Mauro, G. M. , & Vanoli, G. P. [38] เนื่องจากอาคารห้างสรรพสินค้าจะมีการใช้พลังงานในช่วงกลางวันค่อนข้างมาก หากมีการติดตั้งโซล่าบนหลังคาและกักเก็บพลังงานในแบตเตอรี่หรือตัวกักเก็บพลังงาน การใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวันที่ค่อนข้างมาก จึงน่าจะเห็นผลตอบแทนหรือความคุ้มค่าของการคืนทุนที่รวดเร็วกว่า โดยนำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้สำหรับการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ตามหลักการบริหารจัดการ

การบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าโดยรวม ตามหลักการบริหารจัดการการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า โดยการนำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้วิเคราะห์ เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียและเพื่อช่วยยืดอายุของหม้อแปลงไฟฟ้าและเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์รวมถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งน่าจะถือเป็นการบริหารต้นทุนที่มีคุณภาพของทางนิติบุคคลที่ดูแลอาคารห้างสรรพสินค้าสอดคล้องกับงานวิจัยของ A. Lari and A. Asllani [39]

การบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของหม้อแปลงที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารห้างสรรพสินค้าในปริมาณน้อยๆ หลายหม้อแปลง จะมีผลทำให้มีการสูญเสียพลังงานอย่างมากหลายเท่าตัวตามจำนวนของหม้อแปลง ซึ่งการบริหารจัดการ การเลือกใช้หม้อแปลงเพียง 1 ตัว จากที่

ออกแบบมา 2 ตัว (การออกแบบหม้อแปลง 2 ตัว เพื่อแบ่งกันจ่ายพลังงานไฟฟ้าและเผื่อไว้ใช้ทดแทนกันเมื่อหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งอาจเสียหรือซ่อมบำรุง) ก็จะทำให้มีการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าโดยรวมสูญเสียที่เกิดขึ้นที่หม้อแปลงได้อย่างมากถึง 100% ที่เกิดขึ้น เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารห้างสรรพสินค้าที่มาจากหม้อแปลงไฟฟ้า โดยหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารห้างสรรพสินค้า และในหม้อแปลงไฟฟ้าก็มีค่ากำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการทำงานเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้า กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นที่หม้อแปลงไฟฟ้าโดยหลักจะมีอยู่ 2 ส่วนคือ

1. กำลังสูญเสียไฟฟ้าไม่มีโหลด คือ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กของหม้อแปลง (Core Loss) เมื่อใช้งานหม้อแปลงที่แรงดันพิกัด โดยที่ขดลวดทุติยภูมิเปิดวงจรไว้ กำลังสูญเสียไฟฟ้าที่เกิดขึ้นสาเหตุจาก Eddy Current Loss และ Hysteresis Loss ซึ่งค่า No Load Loss นี้มีค่าคงที่ที่แรงดันพิกัดและความถี่พิกัด

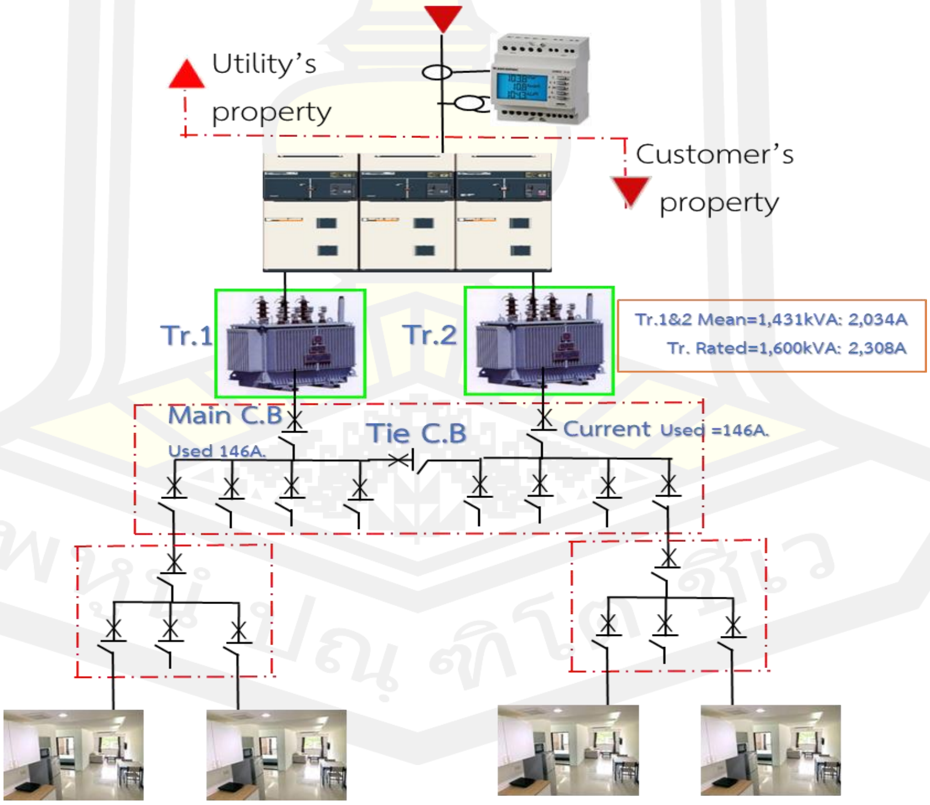
2 กำลังสูญเสียไฟฟ้ามีโหลด (Load Loss) คือกำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด ซึ่งค่า Load Loss นี้จะแปรตาม I2R หรือ (kVA)2. ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss Transformer ทั้งการลด No Load Loss และ Load Loss เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้งานต่อเนื่องกับระบบไฟฟ้าตลอดเวลา ดังนั้นถ้าสามารถลด Loss ของหม้อแปลงได้ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าลงได้มาก

ตารางที่ 31 พิกัดหม้อแปลงแบบแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230–400V และกำลังสูญเสียไฟฟ้า

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at75C (W)	Total Losses at75C (W)	Impedance at 75C (%)	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	1170	14450	6	1720	1760	1000	60	3650

		0							
1600	3100	1400 0	17100	6	1720	2050	1000	63	3650
2000	4100	1700 0	21200	6	2180	2060	1280	64	4750
2500	5000	2000 0	25000	6	2000	2220	1280	66	5604

จากตารางพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งที่นิยมใช้งานสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีกำลังสูญเสียไฟฟ้าค่อนข้างสูงมากทั้งที่มีการใช้งานในปริมาณน้อยหรือปริมาณมากก็ตาม ซึ่งสามารถนำหลักการหม้อแปลงไฟฟ้าในส่วนกำลังสูญเสียไฟฟ้ามาใช้วิเคราะห์ร่วมกับผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทยมาแล้ว จะสามารถเขียนเป็นภาพวงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้าได้ดังนี้



ภาพที่ 24 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้า

จากภาพประกอบด้านบน ผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย ได้เห็นอย่างชัดเจนแล้วว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวของอาคารห้างสรรพสินค้าที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารห้างสรรพสินค้านั้น มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพียง 38% เท่านั้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วในอาคารห้างสรรพสินค้าจะมีหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ชุด เป็นอย่างน้อย เพื่อไว้สำหรับการสำรองหรือการใช้งานทดแทนกันในกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าหรือ เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหาย สามารถทำการถ่ายโอนการใช้พลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงอีกตัวมาจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อทดแทนและให้อาคารห้างสรรพสินค้านั้นสามารถใช้ไฟฟ้าได้ เพื่อให้เกิดความมั่นคง ความเสถียรภาพทางไฟฟ้า

สำหรับหลักการบริหารจัดการสามารถเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ละตัวได้ เช่น ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 หรือ (Tr.1) และปิดการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2 หรือ (Tr.2) เพียงเท่านี้ ก็จะประหยัดกำลังสูญเสียไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัว หรือ ลดลง 54%

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ขนาดของหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ 1,826kVA จ่ายกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ย 2,635A เนื่องด้วยผู้ผลิตจะมีผลิตพิกัดขนาดหม้อแปลงที่ 2,000kVA จ่ายกระแสไฟฟ้าได้ 2,886A ดังนั้นขอกล่าวถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าความสูญเสียต่างๆ ตามพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2000 kVA และการใช้กระแสจริงโดยเฉลี่ยที่ 1,013 A. หรือประมาณ 1,013 / (2000x1.443) = 35% ของพิกัดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2,000kVA ดังรูปภาพ กำลังสูญเสียไฟฟ้าสำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าตามเปอร์เซ็นต์การใช้งานที่ 35%

2000 kVA 3 Ø 22 kV

ค่า Loss Fe 2,110 W = 2.11 kW

Cu. 21,600 W = 21.60 kW

$$\%Z\ @31.972\% = \frac{31.972 \times 2000}{2.11+2.208+639.44} = \frac{639.44}{643.757} = 99.329\%$$

$$\%z \text{ at any load} = \left[\frac{(\%\text{ Load x Capacity})/100}{\text{Fe + Cu. at any \% load + (\%LoadxCapacity)/100}}\right] \times 100$$

$$\text{Cu. At any \% load} = \left[\frac{\%\text{Load}}{100}\right]^2 \times \text{Load loss}$$

$$\%Z\ @35\% = \frac{35*2000}{2.11+3.119+760} = 99.32\%$$

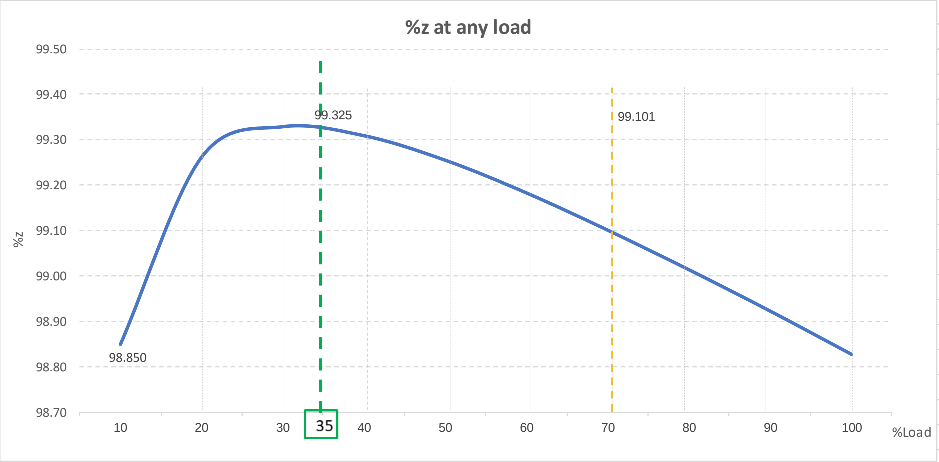
$$\%Z\ @70\% = \frac{70*2000}{2.11+12.4762+1520} = 99.77\%$$

$$\%Z\ @45\% = \frac{45*1600}{1.88+3.767+720} = 99.22\%$$

133584

$$\%Z\ @90\% = \frac{90*1600}{1.88+15.07+1440} = 98.84\%$$

%Load	10	20	30	31.25	35	38	40	50	60	70	76	80	90	100
Fe loss (kW)	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11	2.11
Cu. Loss (kW)	21.6	0.864	1.944	2.11	2.6460	3.456	3.456	5.4	7.776	10.584	13.824	13.824	17.496	21.60
Total loss (kW)	23.71	2.974	4.054	4.22	4.756	5.566	5.566	7.51	9.886	12.694	15.934	15.934	19.606	23.71
%z at any load	98.850	99.262	99.3289	99.3294	99.325	99.320	99.309	99.255	99.183	99.101	99.05	99.014	98.923	98.828



ภาพที่ 25 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าความสูญเสียตามพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2000 kVA

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผลทางสถิติได้ให้ค่าต่างๆ ตามกราฟด้านบน ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของการใช้หม้อแปลงที่ 1,826 kVA ดังนั้นขอเลือกใช้การพิจารณาค่า %Z at any load ตามภาพ 2 หม้อแปลงที่ขนาด 2,000kVA (เนื่องจากหม้อแปลงที่ 1,826kVA นั้นไม่มีการผลิต)

- ค่าเฉลี่ยของการใช้กระแสไฟฟ้าที่ 35% ของพิกัดกระแสไฟฟ้าหม้อแปลงไฟฟ้าโดยเฉลี่ย

จากผลการเก็บข้อมูลและได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้า ตามผลทางสถิติ เมื่อเราลดจำนวนการใช้งานของหม้อแปลงจากเดิม 2 ตัว เหลือการใช้งานหม้อแปลงเพียง 1 ตัว หม้อแปลงตัวนี้จะต้องรับภาระการจ่ายกระแสไฟหรือพลังงานไฟฟ้าเป็น 70% (35 x 2 = 70%) ดังนั้นการทำงานของหม้อแปลงที่ต้องมีการสูญเสียของแกนเหล็กและขดลวด จะมีผลกับระดับการ

จ่ายกระแสของหม้อแปลงด้วย จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่อหม้อแปลงทำงานในช่วงที่หม้อแปลงจ่ายกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าประมาณ 31.79% จะมีความสูญเสียของแกนเหล็กเท่ากับความสูญเสียของขดลวดทองแดง จะทำให้มีประสิทธิภาพที่สูงสุด ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่อหม้อแปลง 1 ตัว และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ 35% และที่ 70% และที่ % ของหม้อแปลงขนาด 2000kVA จะมีความสูญเสียโดยรวม และประสิทธิภาพ %z at any load ดังนี้

Tr.จ่ายพลังงาน= 35% Total Loss 1,954 W Eff. = 99.325% (Tr.1ตัว)

ถ้าใช้ Tr.2ตัวจ่ายพลังงาน= 70%/ตัว Total Loss 4,756 x 2 = 9,522 W

Tr.จ่ายพลังงาน= 31.97% Total Loss 3,760 W Eff. = 99.325% (Tr.1ตัว)

Tr.จ่ายพลังงาน= 70.00% Total Loss 12,694 W Eff. = 98.101% (Tr.1ตัว)

สรุปได้ว่าการเก็บข้อมูลการเลือกใช้หม้อแปลงจำนวน 450 ตัว ของอาคารห้างสรรพสินค้า ในประเทศไทย แล้วนำมาทำการจัดการข้อมูล วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ทางสถิติ จะได้ค่าเฉลี่ยการใช้หม้อแปลงเป็นขนาด 1,826 kVA ซึ่งในทางปฏิบัติผู้ผลิตมีการผลิตที่พิกัด 2,000 kVA การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเพียง 35% ของพิกัดหม้อแปลง ((1,013 x 100) / 2,886 = 35%) ดังนั้นที่พลังงานไฟฟ้าใช้งานโดยเฉลี่ยที่ 1,013A หรือ 35% ของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 2,000kVA มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียโดยรวมที่ 4,756W เมื่อระบบไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อาคารห้างสรรพสินค้าจำนวน 2 หม้อแปลงก็จะมีการสูญเสียพลังงานที่ (4,756 x 2 = 9,512W) ในส่วนนี้หากมีการปิดการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัว จะสามารถลดค่าความสูญเสียโดยรวมเท่ากับ 4,756W หรือ 114,144W./Day (456THB / Day) หรือ 41,662,560W./Year (166,650.24THB / Year) โดยคิดค่าไฟฟ้า 4 THB / kWhr เป็นอัตราค่าไฟฟ้า เพื่อความสะดวกในการคิดคำนวณเท่านั้น

กรณีคิดค่าความสูญเสียโดยรวมแบบภาพรวม ที่หม้อแปลงไฟฟ้า 2,000kVA จะมีค่าความสูญเสียโดยรวมที่ 21,200W. จากผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านการจัดการ โดยสถิติ สามารถลดขนาดหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือเพียง 1 ตัวได้ และจะมีการลดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงลง ลดค่าความสูญเสียโดยรวม เท่ากับ 21,200 W หรือ 508,800 W/Day (2,032THB/Day) หรือ 741,680THB/Year และยังเป็นการลดการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงเป็นการยืดอายุหม้อแปลงไฟฟ้า โดยคิดค่าไฟฟ้า 4 THB / kWhr เป็นอัตราค่าไฟฟ้า เพื่อความสะดวกในการคิดคำนวณเท่านั้น

ผลสรุปสำหรับความมุ่งหมายเพื่อศึกษาหลักการทำงานของ หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ใช้ในกรุงเทพฯ สามารถลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 2 ตัว ลงเหลือ 1 ตัว ได้ โดยมีกระบวนการลดและสลับกันทำงานอย่างง่ายๆ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานสูญเสียโดยรวม และลดการการบำรุงรักษา รวมถึงการยืดอายุของหม้อแปลงไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น

เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน ที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้า จากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าในประเทศไทย สามารถนำผลที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการลดต้นทุนที่เหมาะสม กับการใช้งานจริงของการออกแบบระบบไฟฟ้าของอาคารห้างสรรพสินค้า โดยการลดขนาดของหม้อแปลงลงตั้งแต่ 1-4 Steps เช่น ที่ขนาดหม้อแปลง 2,000kVA เป็น 1,600 kVA (2,309 A.) หรือ 1,250kVA (1,800 A.) หรือ 1,000 kVA (1,443 A.) หรือ 800kVA (1,154 A.) โดยมีที่มาที่สามารถอ้างอิงถึงการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 1,013A จะมีขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลง ที่ระดับการใช้หม้อแปลงดังนี้

Tr.2000kVA พิกัดกระแส 2,886A ใช้งาน 1,013A. = 35% Main C.B = 4000AF

Tr.1600kVA พิกัดกระแส 2,309A ใช้งาน 1,013A. = 44% Main C.B = 3200AF

Tr.1250kVA พิกัดกระแส 1,800A.ใช้งาน 1,013A = 56% Main C.B = 2500AF

Tr.1000kVA พิกัดกระแส 1,443A.ใช้งาน 1,013A = 70% Main C.B = 2000AF

Tr. 800kVA พิกัดกระแส 1,154A. ใช้งาน 1,013A = 88% Main C.B = 1600AF

หลักการในการลดต้นทุนโดยการลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและส่วนที่เกี่ยวข้อง ใช้การวิเคราะห์ทางสถิติที่ได้จากตอนที่ 1 มีอัตราผู้ใช้บริการที่ 90% - 100% และมีปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจริงโดยเฉลี่ยที่ 1,013A. ดังนั้นจำเป็นจะต้องคิดเสมือนมีการใช้ปริมาณกระแสที่ 100% ซึ่งจะคิดจากอัตราการใช้ที่ 90% จึงจำเป็นที่จะต้องมีตัวคูณเพิ่ม เพื่อให้ได้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมจริงที่ 100% (90 x 1.112 = 100%) ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่ 100% หาได้จาก 1,013 x 1.112 = 1,126A. ดังนั้นเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าโดยการลดขนาดลงที่ 800kVA พิกัดกระแส 1,154A. สามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าที่ 100% ได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและหลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้า จะเห็นได้ชัดเจนว่า การใช้หม้อแปลงในปัจจุบันมีขนาดใหญ่เกินไป โดยมีการเลือกขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าใหญ่เกินไปมากถึง 4 Step โดยสามารถลดต้นทุนสำหรับการลดขนาดหม้อแปลงที่ 2,000kVA ลงเหลือเพียง 800kVA หรือ ลดขนาดลง 54% ก็ยังสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยรวมได้อย่างเพียงพอในกรณีเฉลี่ยใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพียง 1 ตัว

ในกรณีต้องการใช้หลักการ Redundant กรณีมีใช้หม้อแปลง 2 ตัว ทำการ tie กัน สามารถคิดได้หลากหลายวิธี ยกตัวอย่างเช่น ทางเลือกที่ 1 การเลือกขนาดหม้อแปลงเป็นขนาด 1,600kVA ซึ่งหากเกิดกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าหรือเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งเสีย หม้อแปลงไฟฟ้าอีกตัวก็

สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ที่ 2,252A. (2 x 1,126 = 2,252A.) ซึ่งก็ยังถือว่าหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1250kVA ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 2,309A. ทางเลือกที่ 2 การเลือกขนาดหม้อแปลงเป็นขนาด 1,000kVA ซึ่งหากเกิดกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าหรือเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งเสีย หม้อแปลงไฟฟ้าอีกตัวก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ที่ 2,252A. (2 x 1,126 = 2,252A.) ซึ่งก็ยังถือว่าหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1250kVA ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 2,309A.

การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่สูงเกินความจำเป็นต่อการใช้งาน จะมีผลสืบโยงเป็นลูกโซ่ให้ระบบไฟฟ้าต่างๆ เช่น C.B สายไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง พื้นที่การติดตั้ง การบำรุงรักษา ที่ต้องเพิ่มเติมสูงขึ้นอย่างมากเป็นลูกโซ่ การปรับปรุงสำหรับอาคารห้างสรรพสินค้าที่ได้ติดตั้งไปแล้ว ควรมีการติดตั้งระบบแสดงค่ากระแสไฟฟ้า ผ่านมิเตอร์ และมีการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ในแต่ละอุปกรณ์การใช้งาน แต่ละห้อง แต่ละชั้น แต่ละส่วนกลาง และภาพรวมของทั้งโครงการของอาคารห้างสรรพสินค้าฯทั้งนี้สิ่งที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงคือเรื่องข้อกำหนดในการออกแบบและการเลือกใช้เพื่อติดตั้งระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ เกิดประสิทธิผลอย่างแท้จริง โดยจัดทำแนวทางการลดต้นทุนโดยรวมแบบครบกระบวน เพื่อใช้สำหรับกำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้าในอนาคต

แนวทางการประมาณการลดต้นทุนโดยการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าลง 4 Step จะมีผลกระทบของการลดต้นทุนเป็นลูกโซ่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ฉุกเฉิน แผงสวิตช์ย่อยต่างๆ สายไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบการติดตั้งต่างๆ capacitor bank และวงจรอื่นๆ อีกมากตามมา ปกติการที่จะลดต้นทุนได้ต้องมาจากการคำนวณออกแบบจากโหลดหรือวงจรย่อย ขึ้นมาวงจรใหญ่ขึ้นตามลำดับ หรือทางวิศวกรรมฯจะคิดจากล่างขึ้นบน และมีตัวคูณลด-ตัวคูณเพิ่ม (coincidence) ทั้งนี้การวิจัยฯในครั้งนี้ ขอให้แนวทางการประมาณการลดต้นทุนโดยการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าลง 4 Step ทางผู้วิจัยได้ราคาประมาณการงบประมาณของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง 24kV – 230/400V มีดังนี้

800 kVA = 1,200,000 บาท

1000 kVA = 1,500,000 บาท

1250 kVA = 1,800,000 บาท

1600 kVA = 2,200,000 บาท

2000 kVA = 2,600,000 บาท

จากราคาของหม้อแปลงแห้งขนาด 2000kVA ลดเป็น 800kVA

= (2,600,000–1,200,000) /2,600,000

= 54%

จากราคาประมาณการของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง โดยปกติการใช้หม้อแปลงขนาด 2,000kVA (Mean = 1,826kVA) ซึ่งหากมีการลดขนาดหม้อแปลงเป็นขนาด 800kVA ทางผู้ลงทุนหรือผู้พัฒนาอสังหาริมทรัพย์หรือทรัพยากรโลกก็จะถูกลดการใช้งานทองแดงหรือโลหะวัสดุประกอบต่างๆลงในส่วนของหม้อแปลงลงประมาณ 54% เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นอีกส่วนที่มีการใช้งานเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งนี้ในการออกแบบ ผู้ออกแบบจะมีการคำนวณรวบรวมบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น ลิฟท์สำหรับนักดับเพลิง ปั๊มน้ำ วงจรช่วยชีวิต เป็นต้น และในการเลือกใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก็มีการคิดเป็นเปอร์เซนต์ของขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า ก็มีบางส่วน ที่คิดประมาณการ 10-20% โดยราคาประมาณการของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า 3phase, 4wire, 50Hz, 1500rpm, 08 P.F. จะมีดังนี้

104kW 130 kVA	=	1,000,000 บาท
180kW 200 kVA	=	1,800,000 บาท
280kW 350 kVA	=	2,100,000 บาท
240kW 300 kVA	=	2,300,000 บาท
320kW 400 kVA	=	2,700,000 บาท
400kW 500 kVA	=	3,100,000 บาท
500kW 625 kVA	=	4,700,000 บาท
640kW 800 kVA	=	5,200,000 บาท
800kW 1000 kVA	=	6,800,000 บาท
1000kW 1250 kVA	=	9,500,000 บาท
1200kW 1500 kVA	=	10,200,000 บาท

การลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่มีผลกับการลดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ จึงทำให้มีผลกับการลดต้นทุน จากปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจริง ทำให้มีประมาณการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าจาก 2,000kVA ลงเหลือ 800 kVA จะได้ผลการประมาณการตามตารางที่ 32

ตารางที่ 32 งบประมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตามผลการประเมินฯ

No.	Equipment	As Standard		New Size		Different (Baht)
		Size	Cost (Baht)	Size	Cost (Baht)	
1	MV Switchgear	200A. 24kV	1,500,000	200A. 24kV	1,500,000	0
2	Dry Type Transformer	2 x 2,000kVA	5,200,000	2 x 800kVA	2,400,000	2,800,000
3	LV Cable 10m. (XLPE)	2x[7x(3x240/185N)]	700,000	2x[3x(3x240/185N)]	440,000	260,000
4	Main Distribution Board	4,000A	5,800,000	2,000	300,000	5,500,000
5	Busduct (MDB-DB)	2 x 4,000A.	5,660,000	2 x 2,000A	3,600,000	2,060,000
6	Generator (20%Tr.)	800kVA (640kVA)	5,200,000	400kVA(320kVA)	2,700,000	2,500,000
7	Generator Installation	800kVA	650,000	400kVA	400,000	250,000
Total Cost			24,710,000	Reduced 54%	11,340,000	13,370,000

กรณีการลดขนาดลง 4 ขนาด จากขนาด 2,000kVA, 1600kVA, 1250kVA, 1000kVA เป็น 800kVA แบบมีหม้อแปลงตัวเดียวในอาคารห้างสรรพสินค้า จะมีผลกระทบกับภาพรวมของต้นทุนอย่างมาก ซึ่งการลงทุนที่ลดลงประมาณ 54% มีผลกับการลดต้นทุนจาก 25,610,000 ลงเหลือ 11,740,000 ที่ลดต้นทุนไปได้ถึง 13,870,000 บาท ซึ่งถือว่าเป็นการคำนวณเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เพราะส่วนที่จะกระทบและต่อเนื่องจากการลดขนาดลงถึง 4 ระดับนั้น ถือว่าเป็นนัยสำคัญอย่างยิ่ง สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า ที่มีการคำนึงถึงเรื่องการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าที่ได้ใช้จริง Mean ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ

กรณีการลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว Redundancy สำหรับอาคารห้างสรรพสินค้า ที่มีผลกับการลดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ จึงทำให้

มีผลกับการลดต้นทุน จากปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจริง ทำให้มีประมาณการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าจาก 2,000kVA ลงเหลือ 1,000 kVA จะได้ผลการประมาณการตามตารางที่ 33

ตารางที่ 33 งบประมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า (Redundancy) ตามผลการประเมินฯ

No.	Equipment	As Standard		New Size		Different (Baht)
		Size	Cost (Baht)	Size	Cost (Baht)	
1	MV Switchgear	200A. 24kV	1,500,000	200A. 24kV	1,500,000	0
2	Dry Type Transformer	2 x 2,000kVA	5,200,000	2 x 1,000kVA	3,000,000	2,800,000
3	LV Cable 10m. (XLPE)	2x[7x(3x240/185 N)]	700,000	2x[4x(3x240/185 N)]	500,000	260,000
4	Main Distribution Board	4,000A	5,800,000	2,000	350,000	5,500,000
5	Busduct (MDB-DB)	2 x 4,000A.	5,660,000	2 x 2,000A	4,000,000	2,060,000
6	Generator (20%Tr.)	2x400kVA	6,100,000	2 x 180kVA	3,100,000	3,000,000
7	Generator Installation	2x400kVA	650,000	2 x 180kVA	400,000	250,000
Total Cost			**25,610,000**	**Reduced 50%**	**12,850,000**	**13,870,000**

การลดขนาดลง 3 ขนาด จากขนาด 2,000kVA, 1600kVA, 1250kVA เป็น 1000kVA จะมีผลกระทบกับภาพรวมของต้นทุนอย่างมาก ซึ่งการลงทุนที่ลดลงประมาณ 50% มีผลกับการลดต้นทุนจาก 25,610,000 ลงเหลือ 12,850,000 ที่ลดต้นทุนไปได้ถึง 13,870,000 บาท ซึ่งถือว่าเป็นการคำนวณเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เพราะส่วนที่จะกระทบและต่อเนื่องจากการลดขนาดลงถึง 3 ระดับนั้นถือว่าเป็นนัยสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า ที่มีการคำนึงถึงเรื่องการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารห้างสรรพสินค้าที่ได้ใช้จริง Mean ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ

บรรณานุกรม

[1] ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (2559). การออกแบบระบบไฟฟ้า. กรุงเทพฯ: โชติอนันต์ครีเอชั่น.

[2] ลือชัย ทองนิล (2560). การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าตามมาตรฐานของการไฟฟ้า (พิมพ์ครั้งที่ 3).กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ สสท.

[3] เตชทัต บูรณะอัศวกุล (2560). คู่มือช่างไฟฟ้าและวิศวกรไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ.กรุงเทพฯ: สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย.

[4] สาขาวิชาเศรษฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2558) . การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ. สืบค้นเมื่อวันที่ 20 กรกฎาคม 2565 เข้าถึงได้จาก: www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/reference.html

[5] อภิญญาภรณ์ อินทวงษ์ และไชยาพงษ์ เทพประสิทธิ์. (2563) . การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภาและเขื่อนบางลาง. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ . 30(3) : 372-380.

[6] Alireza Lari and Arben Asllani (2013) . Total Quality Management and Business Excellence. Total Quality Management & Business Excellence. 24(4) : 432-451.

[7] Bo Wang, Payman Dehghanian, Shiyuan Wang and Massimo Mitolo. (2019)Electrical Safety Considerations in Large-Scale Electric Vehicle Charging Stations, Industry Applications IEEE Transactions on. 55(6), 6603-6612.

[8] C.K. Cheung, R. J. Fuller and M. B. Luther (2005). Energy-efficient envelope design for high-rise apartments, Energy and Buildings. 37(1), 37-48.

[9] Jardini J A, Tahan C M V, Gouvea M R, Ahn SU and Figueiredo F M, (2000). Daily load profiles for residential, commercial and industrial low voltage consumers. IEEE Transactions on Power Delivery. 15(1), 375-80.

[10] José J, De G, Agüera-Pérez A, Palomares-Salas J C, Sierra-Fernández J M and Moreno-Muñoz A, (2012). A novel virtual instrument for power quality surveillance based in higher-order statistics and case-based reasoning. Mesurement. 45(7), 1824-1835.

[11] Jerry J. Vaske, Jay Beaman & Carly C. Sponarski, (2017). Rethinking Internal Consistency in Cronbach's Alpha. Leisure Sciences. 39(2), 163-173.

[12] Moreno-Díaz, L., Romero-Ramos, E., Gómez-Expósito, A., Cordero-Herrera, E., Rivero, J. R., & Cifuentes, J. S. (2018). Accuracy of electrical feeder models for distribution systems analysis. In 2018 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST) : pp. 1-6.

[13] Holotaa,T.,Hrubeca,J., Kotusa,M., Holiencinovab, M. & Caposovac, E. (2016). The manafement of quality costa analysis model. Serbian Journal of Management, 11(1), 119–127

[14] M.A. Choudhry; W. Zada (2005). A simplistic technique for power factor compensation capacity calculation in medium size industry. 2005 International Power Engineering Conference.

[15] Martin Lundmark, (2010) “The Zone Concept: Design of Low-Voltage Installations Considering the Spread of High Frequency Harmonics,” Ph.D. dissertation, Luleå University of Technology, Sweden.

[16] J Ropero, A Gómez, C León, A Carrasco (2007). Information extraction in a set of knowledge using a fuzzy logic based intelligent agent. International Conference on Computational Science and Its Applications, pp : 811-820.

[17] Md. Ashiquzzaman, Kazi Farjana Nasrin, Tuhin Ahmed and Md. Neamul Bari Masum (2018). Modern Electrical Design and Installation of Equipment of High Rise Building Using ProposedBusbar Trunking and Fault Analysis System for thePerspective of Bangladesh . International Journal of Multidisciplinary Sciences and Engineering, 9(6), 24–36

[18] Nadtoka I I, Pavlov AV and Novikov S I (2013) Problems of calculating the electrical loads of household consumers in microdistricts of megalopolises University News. Electromechanics, 1 : 136-139

[19] Nadtoka I I and Pavlov A V (2015) Improving the accuracy of calculating the electrical loads of apartment buildings with electric stoves. Izvestiya Vuzov North Caucasian region Technical science , 2 : 45-48

[20] Nina Zheng Khanna, Jin Guo and Xinye Zheng (2016). Effects of demand side management on Chinese household electricity consumption: Empirical findings from Chinese household survey. Energy Policy, 9(C), 113–125

[21] R. Amir (2016). Cost Management, Entrepreneurship and Competitiveness of Strategic Priorities for Small and Medium Enterprises. Procedia - Soc. Behav. Sci. 219, 84–89.

[22] Rodolfo Araneo, Payman Dehghanian and Massimo Mitolo. (2019). Electrical Safety of Academic Laboratories, Industrial and Commercial Power Systems Technical Conference (I&CPS) 2019 IEEE/IAS 55th, pp. 1-7.

[23] Md. Sinan APAK and Sami ERCAN (2012). Simulation Based Optimization for World Line Card Production System. International Journal of Optimizationand Control
: Theories & Applications, 2(2), 95–104.

[24] Tatietse T T, Villeneuve P, Ngundam J, Kenfack F (2002) Contribution to the analysis of urban residential electrical energy demand in developing countries, Energy 27(6) : 591-606.

[25] Yong-Jung Kim, Woo-Yong Jeong and Hyosung Kim, (2019). Extinguishment distance estimation method of DC breaking arc occuring under Low Voltage DC conditions, PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC) 2019 IEEE, pp. 1-5.

[26] Yu I Soluyanov, A I Fedotov and A R Ahmetshin, (2019). Calculation of electrical loads of residential and public buildings based on actual data, International Scientific Electric Power Conference 23–24 May 2019, Saint Petersburg, Russian Federation.

[27] Ronald E. Walpole, Raymond H. Myers, Sharon L. Myers (2012). Probability and Statistics for Engineers and Scientists. : Prentice Hall International

[28] R. Saidur, M. Hasanuzzaman, S. Yogeswaran, H.A. Mohammed and M.S. Hossain (2010). An end-use energy analysis in a Malaysian public hospital. Energy. 35(12), 4780-4785.

[29] สุมินทร เบ้าธรรม. (2558). วิจัยทางการบัญชี. (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพฯ: ทริปเพิ้ล เอ็ดดูเคชั่น.

[30] Jerry J. Vaske, Jay Beaman & Carly C. Sponarski, 2017. Rethinking Internal Consistency in Cronbach's Alpha. Leisure Sciences. 39(2), 163-173.

[31] Rhodes, J. D., Stephens, B. and Webber, M. E. (2011). Using energy audits to investigate the impacts of common air-conditioning design, and installation issues on peak power demand, and energy consumption in Austin, Texas. Energy, and Buildings. 43(11), 3271-3278.

[32] Taro Yamane.(1973).Statistics: An Introductory Analysis. 3rd Ed.New York.Harper and Row Publications.

[33] P. A. Scarpino, A. Reatti, and F. Grasso, (2018) "A.C. Arc flash analysis: A newderivation method" in Proc. AEIT Int. Annu. Conf., Oct. 2018, pp. 1–4.

[34] Marotta, I.; Guarino, F.; Cellura, M.; Longo, S. (2021) Investigation of design strategies and quantification of energy flexibility in buildings: A case-study in southern Italy. J. Build. Eng. 2021, 41 : 102392.

[35] Calise, F.; Cappiello, F.L.; D'Agostino, D.; Vicidomini, M. (2021) A novel approach for the calculation of the energy savings of heat metering for different kinds of buildings. Energy Build. 2021, 252 : 111408.

[36] Q Xu, Y Lu, BG Hwang, HW Kua. (2021) "Reducing residential energy consumption through a marketized behavioral intervention: The approach of Household Energy Saving Option (HESO)" ,Energy and Buildings 232, 110621.

[37] Roberts, M. B., Sharma, A. and MacGill, I. (2022). "Efficient, effective, and fair allocation of costs, and benefits in residential energy communities deploying shared photovoltaics." Applied Energy. 305, 117935.

[38] Ascione, F.; Bianco, N.; De Stasio, C.; Mauro, G.M.; Vanoli, G.P.(2016) "Multi-stage and multi-objective optimization for energy retrofitting a developed hospital reference building: A new approach to assess cost-optimality." Appl. Energy 2016, 174, 37–68.

[39] Alireza Lari and Arben Asllani.(2016) "Quality cost management support system: an effective tool for organisational performance improvement." Total Quality Management & Business Excellence, 23(3-4), 432-451.

ภาคผนวก

พหูน ปณ ฑิโต ชีเว

ภาคผนวก ก.

แบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เรื่อง "ผลกระทบของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่ออาคารห้างสรรพสินค้า ความปลอดภัย ประสิทธิภาพและความคุ้มค่าในการจัดการ "

แบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เรื่อง "ผลกระทบของบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่สำหรับความปลอดภัย การบริหารจัดการด้านพลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและความคุ้มค่าของห้างสรรพสินค้า: มุมมองของผู้เชี่ยวชาญ "

ขอความกรุณาช่วยเก็บข้อมูลทางเทคนิคในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมาก เช่น วันเสาร์-อาทิตย์ เวลา 11.00 - 20.00น.

แบบฟอร์มมีทั้งหมด 3 ตอน ขอความกรุณาตอบทุกตอน

หากหม้อแปลงมีไม่ถึง 10 ตัว ให้เลื่อนลงด้านล่างและคลิก "ถัดไป" เพื่อให้ข้อมูลในส่วนต่อไป
ข้อมูลทางเทคนิคนี้มีความสำคัญกับความปลอดภัย เพื่อประโยชน์สูงสุดทางวิศวกรรมอย่างยิ่ง

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป

สำหรับชื่อห้างสรรพสินค้า อายุ ตำแหน่งงาน และสถานที่ตั้งของห้างสรรพสินค้า

1 1. ชื่อห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

____

2 2. อายุของผู้ให้ข้อมูล

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ < หรือ = 30 ปี
- ◯ 31 - 40 ปี
- ◯ 51 ปีขึ้นไป

3 3. ตำแหน่งของผู้ให้ข้อมูล

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ☐ ช่างไฟฟ้า
- ☐ ช่างอาคารทั่วไป
- ☐ วิศวกรไฟฟ้า
- ☐ วิศวกรสาขาอื่นๆ
- ☐ ระดับหัวหน้างาน

4 4. ที่ตั้งของห้างสรรพสินค้าหรือศูนย์การค้า

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ☐ ใกล้ถนน ไป-กลับ < หรือ = 4 เลน
- ☐ ใกล้ถนนใหญ่ ไป-กลับ > 4 เลน
- ☐ ใกล้ทางขึ้น-ลง ทางด่วน
- ☐ ใกล้ BTS หรือ MRT หรือ ARL
- ☐ ในซอย

ตอนที่ 2 ข้อมูลเทคนิค ตามจำนวนหม้อแปลงที่มี

ขอความกรุณาช่วยเก็บข้อมูลทางเทคนิคในช่วงเวลา 10.00 - 12.00น. หรือ 13.00 - 16.00น.
* กรณีมีหม้อแปลงจำนวนน้อยกว่า 10 ตัว ใส่ตามจำนวนหม้อแปลงและเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่มีเท่านั้น โดยเลื่อนลงด้านล่างและคลิก "ถัดไป" เพื่อให้ระดับความเหมาะสมในตอนที่ 3 ต่อไป
* กรณีที่ท่านมีจำนวนหม้อแปลงมากกว่า 10 ตัว เมื่อกรอกเสร็จ กรุณาช่วยเข้าสู่แบบฟอร์มฯ ซ้ำอีก เพื่อให้ข้อมูลเพิ่มเติมตามจำนวนหม้อแปลงที่ห้างฯ มี
* ข้อมูลทางเทคนิคนี้มีความสำคัญกับความปลอดภัย เพื่อประโยชน์สูงสุดทางวิศวกรรมอย่างยิ่ง

5 1. จำนวนอาคารของห้างสรรพสินค้า (ใส่เพียงจำนวนอาคาร) เช่น 5

____

6 2. ประเภทของหม้อแปลงที่ใช้งาน

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- [ ] แบบแห้ง
- [ ] แบบน้ำมัน

7 3. ขนาดหม้อแปลงตัวที่ 1 และหม้อแปลงตัวที่ 2 (kVA)

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- [ ] < หรือ = 800
- [ ] 1000
- [ ] 1250
- [ ] 1600
- [ ] 2000
- [ ] 2500

8 4. เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Trip (AT) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

____

9 5. เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Frame (AF) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

____

10 6. กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 1 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

____

11 7. กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 2 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

____

12 8. จำนวน step ของคาปาซิเตอร์ แบงค์ที่ใช้งาน (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1

---

13 9. จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์ แบงค์ (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 12

---

14 10.ขนาดหม้อแปลงตัวที่ 3 และหม้อแปลงตัวที่ 4 (KVA)

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ < หรือ = 800
- ◯ 1000
- ◯ 1250
- ◯ 1600
- ◯ 2000
- ◯ 2500

15 11.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Trip (AT) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

---

16 12.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Frame (AF) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

---

17 13.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 3 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

---

18 14.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 4 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

____

19 15.จำนวน step ของคาปาซิเตอร์ แบงค์ที่ใช้งาน (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1

____

20 16.จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์ แบงค์ (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 12

____

21 17.ขนาดหม้อแปลงตัวที่ 5 และหม้อแปลงตัวที่ 6 (KVA)

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- ◯ < หรือ = 800
- ◯ 1000
- ◯ 1250
- ◯ 1600
- ◯ 2000
- ◯ 2500

22 18.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Trip (AT) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

____

23 19.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Frame (AF) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

____

24 20.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 5 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

____

25 21.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 6 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

26 22.จำนวน step ของคาปาซิเตอร์ แบงค์ที่ใช้งาน (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1

27 23.จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์ แบงค์ (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 12

28 24.ขนาดหม้อแปลงตัวที่ 7 และหม้อแปลงตัวที่ 8 (KVA)

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- < หรือ = 800
- 1000
- 1250
- 1600
- 2000
- 2500

29 25.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Trip (AT) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

30 26.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Frame (AF) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

31 27.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 7 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

32 28.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 8 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

33 29.จำนวน step ของคาปาซิเตอร์ แบงค์ที่ใช้งาน (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1

34 30.จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์ แบงค์ (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 12

35 31.ขนาดหม้อแปลงตัวที่ 9 และหม้อแปลงตัวที่ 10 (KVA)

ทำเครื่องหมายเพียงหนึ่งช่อง

- < หรือ = 800
- 1000
- 1250
- 1600
- 2000
- 2500

36 32.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Trip (AT) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1000

37 33.เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ขนาดที่ Ampere Frame (AF) (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

38 34.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 9 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

39 35.กระแสใช้งานจริงที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ หรือ เมนมิเตอร์แรงต่ำ ของหม้อแปลงที่ 10 (เลือกเฟสที่สูงสุด ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 100

____

40 36.จำนวน step ของคาปาซิเตอร์ แบงค์ที่ใช้งาน (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 1

____

41 37.จำนวน step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์ แบงค์ (ใส่เฉพาะตัวเลข) เช่น 12

____

ตอนที่ 3 ระดับความเหมาะสม

ขอให้ท่านช่วยกรุณาให้ระดับความเหมาะสม หรือ ไม่แน่ใจ หรือ ไม่เหมาะสม

42 1. ขนาดหม้อแปลงที่ใช้งานมีความเหมาะสมกับการใช้งาน หรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่ใจ
- [ ] ไม่เหมาะสม

43 2. ขนาดของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์มีความเหมาะสมกับการใช้งาน หรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่ใจ
- [ ] ไม่เหมาะสม

44 3. ขนาดของ Ampere Trip (AT) ของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เหมาะสมกับการใช้งาน หรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่ใจ
- [ ] ไม่เหมาะสม

45 4. จำนวน Step ทั้งหมดของคาปาซิเตอร์แบงค์ เหมาะสมหรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่ใจ
- [ ] ไม่เหมาะสม

46 5. จำนวน Step ของคาปาซิเตอร์แบงค์ที่ใช้งาน เหมาะสมหรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่ใจ
- [ ] ไม่เหมาะสม

47 6. อุปกรณ์ไฟฟ้าที่ใช้งานนั้น มีความเหมาะสมหรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่ใจ
- [ ] ไม่เหมาะสม

48 7. ระบบไฟฟ้าที่ท่านใช้งานอยู่ มีความปลอดภัยอย่างเหมาะสมหรือไม่

(เลือกได้มากกว่าหนึ่งช่อง)

- [ ] เหมาะสม
- [ ] ไม่แน่นอน
- [ ] ไม่เหมาะสม

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ นายเตชทัต บูรณะอัศวกุล

วันเกิด 1 เมษายน 2516

สถานที่เกิด กรุงเทพมหานคร

สถานที่อยู่ปัจจุบัน 633/15 ซอยประดู่ 63 แขวงบางโคล่ เขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร 10120

ตำแหน่งหน้าที่การงาน อาจารย์พิเศษ

สถานที่ทำงานปัจจุบัน มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2538 ครุศาสตรอุตสาหกรรมบัณฑิต (ค.อ.บ.) วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2542 บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.ม.) บริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ

พ.ศ. 2564 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด) บริหารธุรกิจและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2565 ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด) วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม