



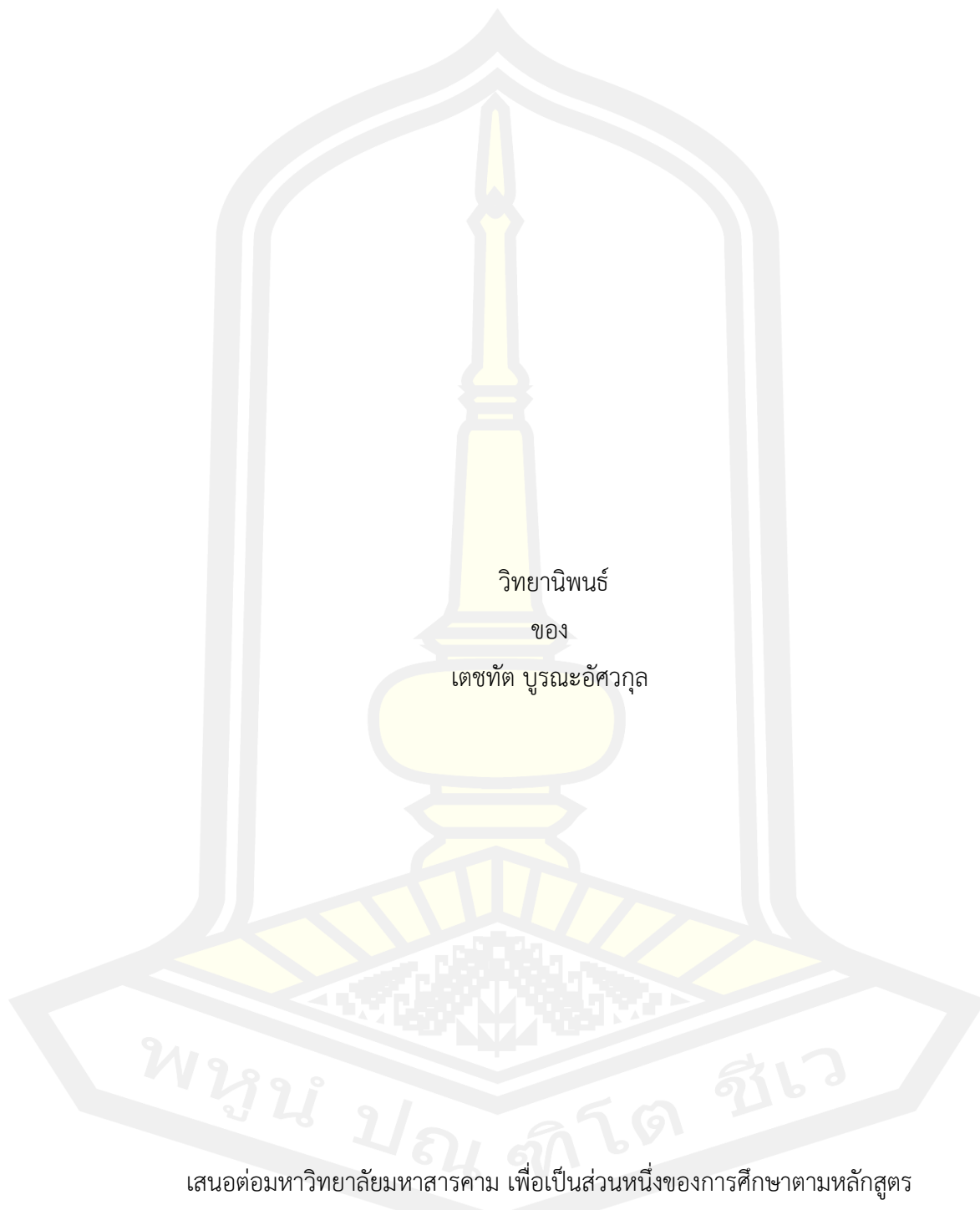
การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร

วิทยานิพนธ์
ของ
เตชทัต บุรณะอัศวกุล

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล
ธันวาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร



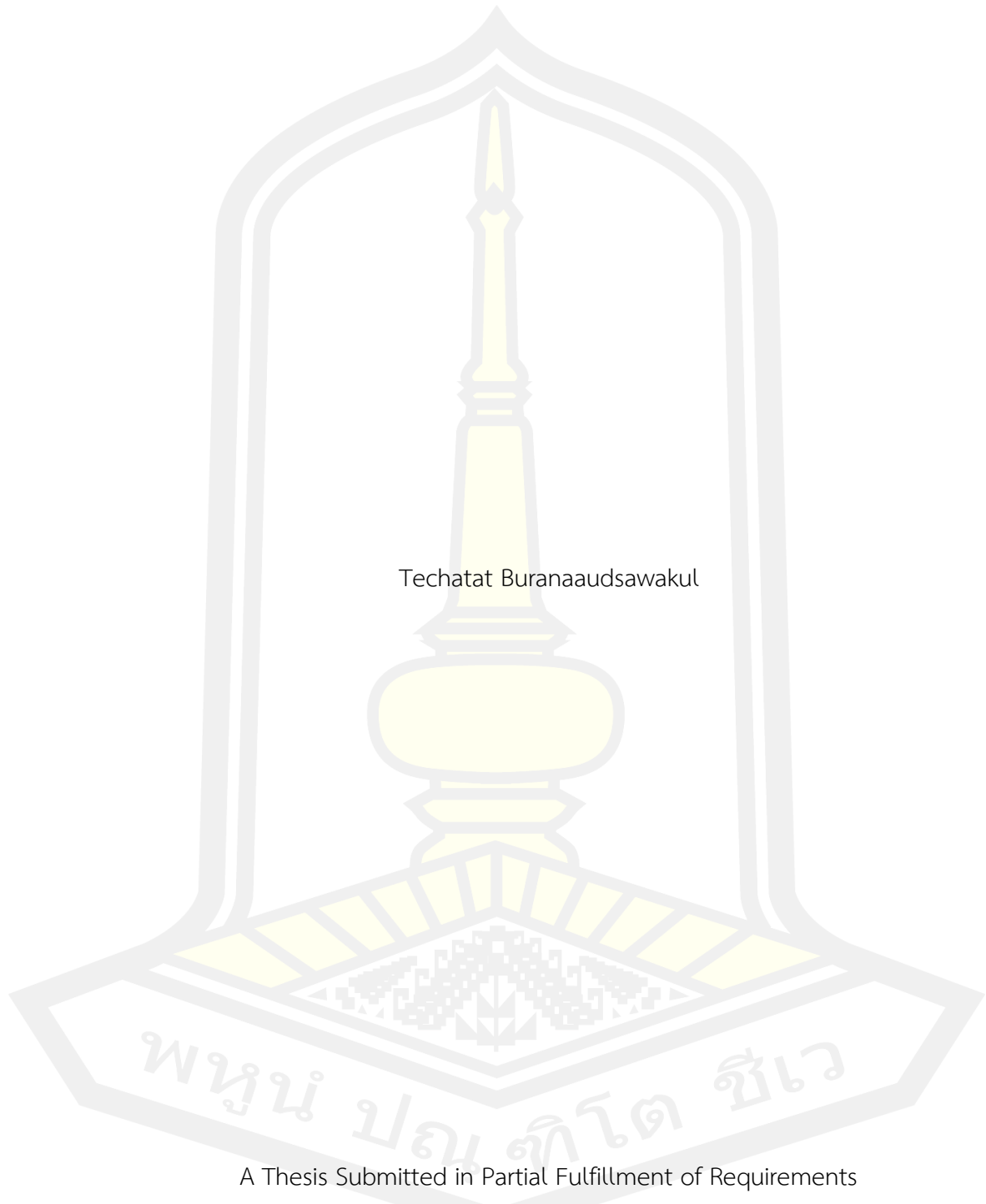
เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล

ธันวาคม 2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

The Overall Energy Consumption Assessment of the Condominium in Bangkok



Techatat Buranaudsawakul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Doctor of Philosophy (Business Administration and Digital Innovation)

December 2021

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายเดชทัต บุรณะอัสวกุล
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชา
บริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

ประธานกรรมการ

(ผศ. ดร. อีระวัฒน์ เจริญราษฎร์)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. กิตติพล วิแสง)

กรรมการ

(ดร. พีรวัฒน์ ไชยล้อม)

กรรมการ

(ดร. พงศธร ตันตระกูลบัณฑิตย์)

กรรมการ

(ดร. การันต์ กิจระการ)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล ของมหาวิทยาลัย
มหาสารคาม

(ดร. ชลธิชา ธรรมวิญญู)

คณบดีคณะกรรมการบัญชีและการจัดการ

(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร		
ผู้วิจัย	เดชทัต บุรณะอัสวกุล		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. กิตติพล วิแสง		
ปริญญา	ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต	สาขาวิชา	บริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2564

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีความมุ่งหมายเพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์และประเมินการใช้พลังงานโดยรวม ของอาคารชุดที่เป็นอาคารสูง ในกรุงเทพมหานคร โดยการเทียบกับที่เลือกใช้ 2) เพื่อศึกษาหาแนวทางการจัดการการใช้พลังงานโดยรวม 3) เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ หม้อแปลงไฟฟ้า 485 ตัว ที่จ่ายพลังงานให้อาคารชุดที่พักอาศัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล โดยมีสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ร้อยละ T-Test และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน โดยมีผลการวิจัยปรากฏ ดังนี้ 1) ประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดแล้วมีการใช้จริงเพียง 10.9% ของหม้อแปลงไฟฟ้า การใช้กระแสจริงเพียง 6.4% ของ AT ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และการใช้ตู้คาปาซิเตอร์ เพียง 0.13 ขั้นตอน. 2) สามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยการสลับหม้อแปลงใช้งาน 3) เพื่อการลดต้นทุนและเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าที่เหมาะสม

คำสำคัญ : การประเมินการใช้พลังงานโดยรวม, การออกแบบระบบไฟฟ้า, การลดต้นทุน

พหุณ ปณุ ทิโต ชีเว

TITLE	The Overall Energy Consumption Assessment of the Condominium in Bangkok		
AUTHOR	Techatat Buranaaudsawakul		
ADVISORS	Assistant Professor Kittipol Wisaeng , Ph.D.		
DEGREE	Doctor of Philosophy	MAJOR	Business Administration and Digital Innovation
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2021

ABSTRACT

The aim of this research is to 1) To analyze and assessment overall energy consumption of condominiums that are high-rise buildings by comparing that chose. 2) To assess the overall energy consumption of condominiums by comparing with the selected. 3) To study the management Overall energy consumption. 4) To study cost reduction solutions. The research sample is 485 transformers that supply energy to residential condominiums. The research tool is a courtesy form. The statistics used for data analysis are mean, standard deviation, percentage, T-Test, and interviews with 7 specialists. The research results are as follows: 1) The total energy consumption of the condominium has been estimated, with only 10.9% of the actual use of the transformers, the actual current consumption is only 6.4% of the AT of the Circuit Breaker, and the use of a capacitor bank only 0.13 Step. 2) Able to manage the use of electricity consumption by switching transformers in use. 3) To reduce costs and to guide the design of suitable electrical systems.

Keyword : The overall energy consumption assessment, Electrical design, Cost Reduction

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ได้ด้วยความกรุณาอนุเคราะห์ให้ความช่วยเหลืออย่างสูงยิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระวัฒน์ เจริญราษฎร์ ประธานกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพล วิแสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ดร.การันต์ กิจระการ ดร.พีรวัฒน์ ไชยล้อม ดร.พงศธร ต้นตระกูลบัณฑิตย์ กรรมการ คำนะนำติจาก ศาสตราจารย์ ดร.ป๋องปอนด์ รักอำนวยกิจ ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูลและบุคคลหลากหลายท่าน ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้ที่ให้ความกรุณาอนุเคราะห์ในด้านต่างๆ ดังนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพล วิแสง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ที่ได้กรุณาอนุเคราะห์เสียสละเวลาอันมีค่าทั้งในเวลาและนอกเวลาราชการในการให้คำปรึกษาแนะนำด้านต่างๆ ให้ทั้งความรู้ ความเข้าใจ เกิดทักษะและทัศนคติที่ดี เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับคุณภาพนี้ เกิดขึ้นได้ และบรรลุวัตถุประสงค์ตามที่มุ่งหมายไว้ทุกประการ

ขอขอบพระคุณท่านอธิการบดี คณบดี คณาจารย์ บัณฑิตวิทยาลัย และทีมเจ้าหน้าที่ ของ คณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้สรรสร้างหลักสูตรที่มีความทันสมัยเหมาะสม เปี่ยมคุณภาพกับยุคแห่งดิจิทัล ที่สามารถนำมาใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทันเหตุการณ์ในช่วงแห่งโรคระบาดไวรัสโควิด 19

ขอขอบพระคุณเอกสารทางวิชาการ วิทยานิพนธ์ ตำราเรียน หนังสือ คู่มือ ข้อมูลทางวิศวกรรมของหลากหลายคณาจารย์ หรือทุกท่านที่ร่วมสรรสร้างสิ่งดีๆ ให้สังคม อย่างเช่น ผศ.ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ อาจารย์ลือชัย ทองนิล คุณสุธี ปิ่นไพสิฐ รองผู้ว่าการไฟฟ้านครหลวงคุณสันติ นำสินวิเชษฐชัย คุณอวยชัย ศิริวงษา และท่านอื่นๆ ให้เป็นแนวทาง ส่วนประกอบส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ คุณภูเถียร พงษ์พิทยาภา และทีมงาน บริษัทเช็กโก้ เอ็นจิเนียริง แอนด์คอนสตรัคชั่น จำกัด และ คุณจักรพันธ์ ภาวิงคะรัตน์ และทีมงานของ Jones Lang Lasalle (Thailand) CO.,LTD ที่กรุณาให้ข้อมูลทางวิศวกรรมฯ อย่างดี มีประสิทธิภาพ และที่สำคัญ คือ รวดเร็วอย่างมาก

ขอขอบพระคุณ คุณสมชาย รุ่งนพรัตน์ และทีมงานโรงพยาบาลรามธิบดี มหาวิทยาลัยมหิดล และคุณลือชัย โพธิสกุลและทีมงานโรงพยาบาลชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ขอขอบพระคุณ คุณไพบุลย์ อังคนากรกุล และทีมงาน บมจ. อาซีฟา ที่ช่วยให้ข้อมูลทางเทคนิคและข้อมูลทางวิศวกรรมฯอย่างดีมาโดยตลอด รวมถึงคุณไพบุลย์ ได้ช่วยสนับสนุนให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดี และตลอดไป

ขอขอบพระคุณเพื่อนๆนิสิตดุขุภัณฑ์บัณฑิตทุกท่าน ที่เราได้มีโอกาสมาร่วมชั้นเรียน ร่วมทานข้าวกัน และได้ร่วมด้วยช่วยกัน ปราถนาดีต่อกันอย่างกัลยาณมิตร ทั้งในช่วงปกติและสถานการณ์โค

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

ด้วยอานิสงค์แห่งความดี ในการจัดทำวิทยานิพนธ์ เล่มนี้แล้วเสร็จได้ ขอมอบคุณความดีให้สำหรับ นายจุงกี้ แซ่เบ๊ และ นางอำไพจิตต์ กุศลเดช รวมถึง น.ส.จิรวดี ชะยะมังคะลา และ น.ส.วรรณสิริ พันธุ์อุไร

เดชทัต บุรณะอัศวกุล

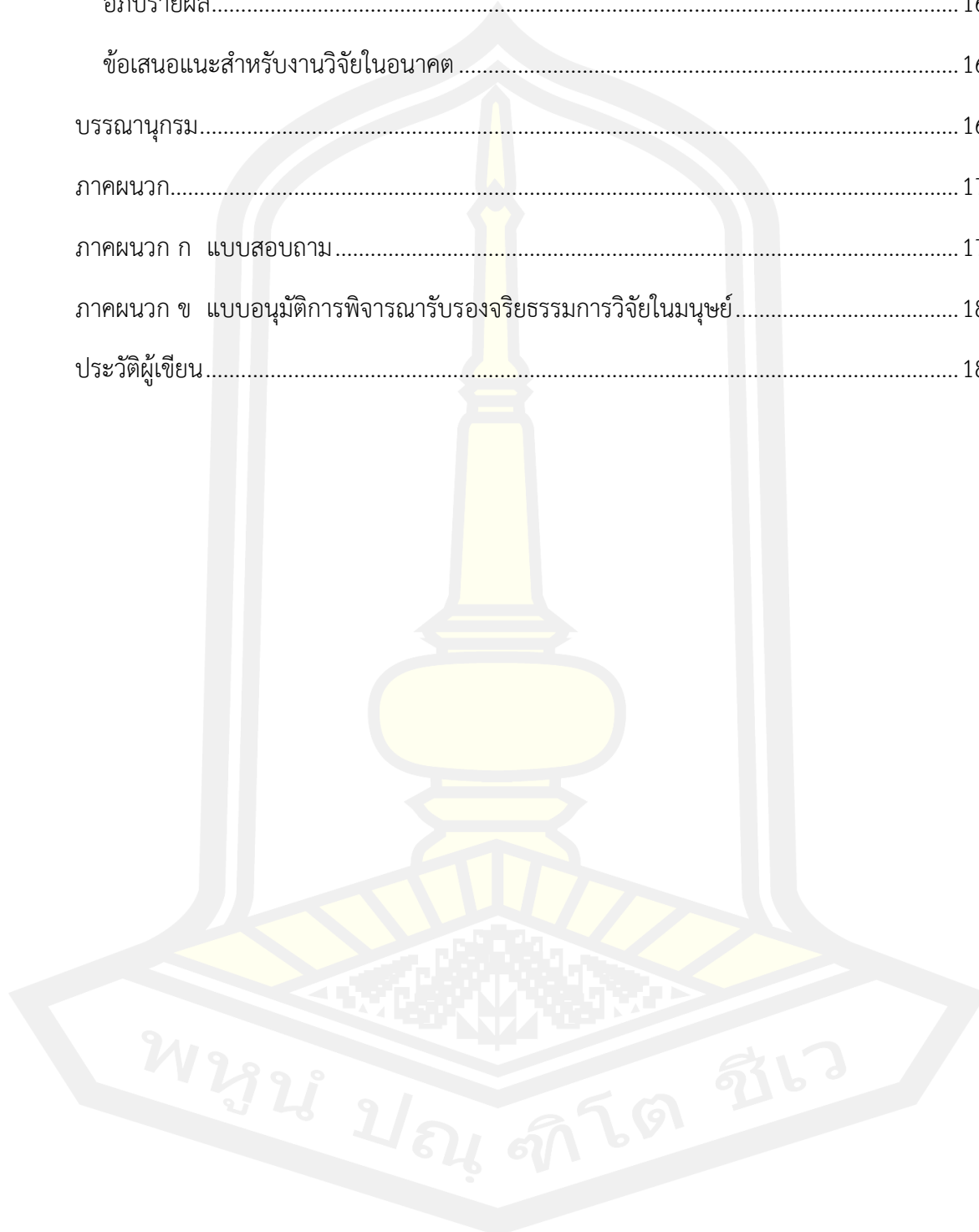


สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพประกอบ.....	ท
บทที่ 1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	4
ความสำคัญของการวิจัย	4
กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	5
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
สมมติฐานของการวิจัย.....	7
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	7
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย.....	9
การออกแบบระบบไฟฟ้า	19
การติดตั้งระบบไฟฟ้า.....	21
หม้อแปลงไฟฟ้า.....	44
ช่างไฟฟ้า และ วิศวกรไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ	72
108 คำถาม กับเรื่อง ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 อย่างมืออาชีพ.....	82

การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า	83
การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ	86
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	88
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	102
ประชากรกลุ่มตัวอย่าง	102
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	104
การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ	106
การเก็บรวบรวมข้อมูล	110
การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	112
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	114
การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า	117
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	119
สูตรการคำนวณทางสถิติและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูล	119
การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล	120
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	123
การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารชุด	128
การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่น เพิ่มเติมอีก 1 กลุ่ม	131
การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารสถานพยาบาล	133
การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรง	136
นำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ตามหลักการ บริหารจัดการ	140
นำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการลดต้นทุน	146
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	151
ความมุ่งหมายของการวิจัย	151

สรุปผล	151
อภิปรายผล.....	162
ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....	163
บรรณานุกรม.....	165
ภาคผนวก.....	175
ภาคผนวก ก แบบสอบถาม.....	176
ภาคผนวก ข แบบอนุวัติการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์.....	187
ประวัติผู้เขียน.....	189



สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัด กฟน.	13
ตารางที่ 2	ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตี้สวิตช์ คัทเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธาน (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค).....	14
ตารางที่ 3	ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง).....	17
ตารางที่ 4	ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำสำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค).....	18
ตารางที่ 5	หลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดยาว).....	23
ตารางที่ 6	หลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดตะเกียบ)	23
ตารางที่ 7	หลอดก๊าซแรงดันไอสูง (High Intensity Discharge: HID Lamp).....	23
ตารางที่ 8	เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน 1 เฟส 230 โวลต์.....	24
ตารางที่ 9	เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน 3 เฟส 400 โวลต์.....	24
ตารางที่ 10	ติমানต์แพกเตอร์ของสายป้อนแสงสว่าง	26
ตารางที่ 11	ติমানต์แพกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย.....	26
ตารางที่ 12	ติमानต์แพกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป.....	27
ตารางที่ 13	พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง).....	30
ตารางที่ 14	ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตี้สวิตช์ คัทเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์ตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค).....	31
ตารางที่ 15	ขนาดแนะนำของสายเมนและสายต่อหลักดินตามขนาดเครื่องวัด (สำหรับ กฟน.)	32
ตารางที่ 16	การเลือกใช้ตารางขนาดสายไฟฟ้า สายดิน และท่อร้อยสาย	34
ตารางที่ 17	สายไฟฟ้า PVC แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร 35	

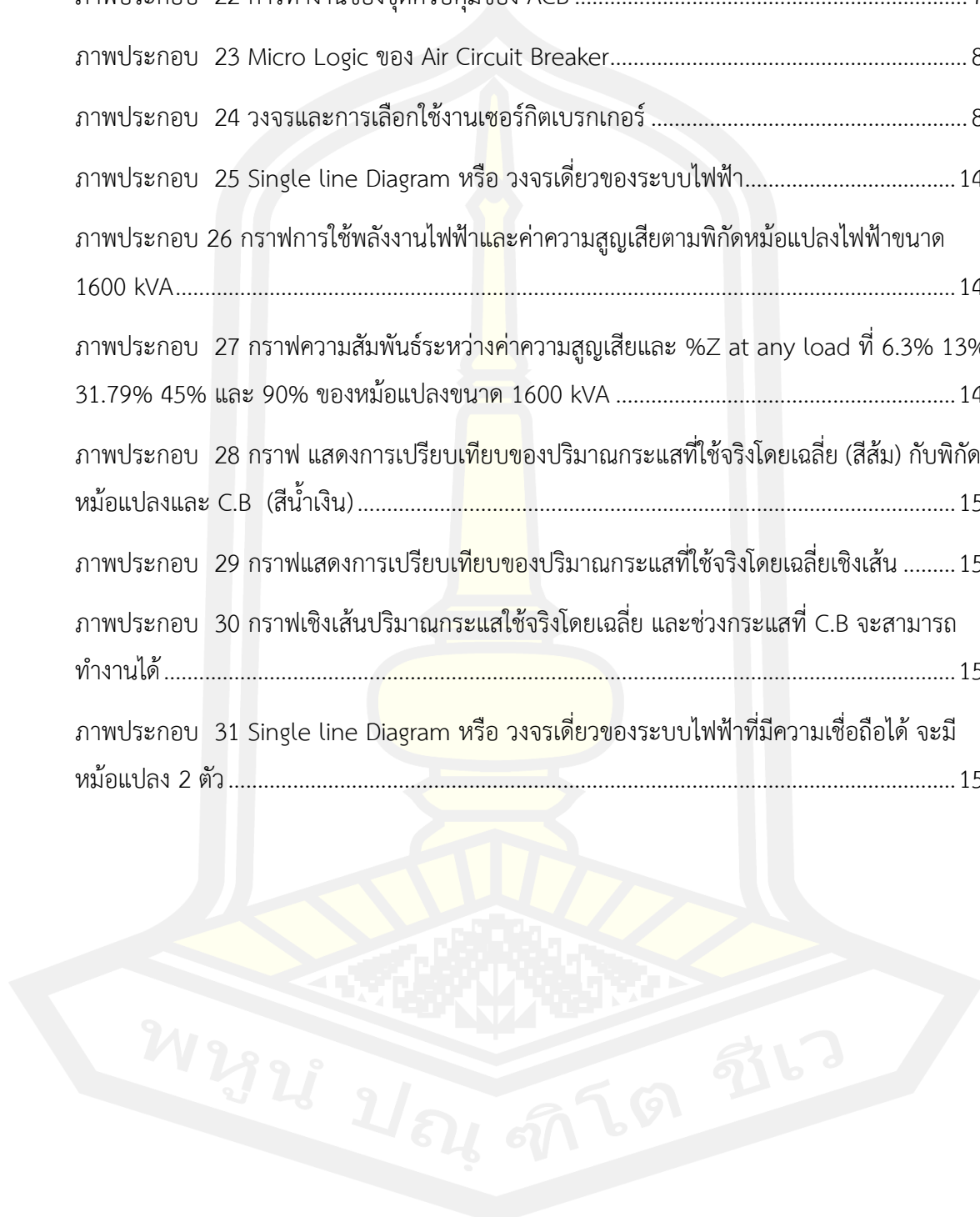
ตารางที่ 18 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร	36
ตารางที่ 19 สายไฟฟ้า PVC แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร	37
ตารางที่ 20 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร	38
ตารางที่ 21 สายไฟฟ้า NYY แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร	39
ตารางที่ 22 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร	40
ตารางที่ 23 สายไฟฟ้า NYY แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร	41
ตารางที่ 24 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร	42
ตารางที่ 25 ขนาดสายไฟฟ้า PVC และ XLPE แกนเดี่ยว เดินในรางเดินสาย วงจร 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย	43
ตารางที่ 26 แรงดันระบบจำหน่าย	45
ตารางที่ 27 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส แรงดัน 12-24 kV / 230-400V	53
ตารางที่ 28 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 1 เฟส แรงดัน 12 - 24 kV / 230V	54
ตารางที่ 29 พิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230-400V	55
ตารางที่ 30 ค่า BIL ที่พิกัดแรงดัน	56
ตารางที่ 31 การแท๊ปแยกแรงดัน	56
ตารางที่ 32 การแท๊ปแยกแรงดันของ กฟน.	57
ตารางที่ 33 สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อน	58
ตารางที่ 34 ตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลง	61
ตารางที่ 35 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V	63
ตารางที่ 36 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน	65

ตารางที่ 37 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงแห้ง.....	68
ตารางที่ 38 การตรวจสอบบำรุงรักษาห้องหม้อแปลง.....	68
ตารางที่ 39 การตรวจสอบบำรุงรักษาลานหม้อแปลง.....	70
ตารางที่ 40 การตรวจสอบและบำรุงรักษานั่งร้านหม้อแปลง.....	72
ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ.....	123
ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ.....	126
ตารางที่ 43 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%.....	129
ตารางที่ 44 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1	130
ตารางที่ 45 ตาราง ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2	130
ตารางที่ 46 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3	131
ตารางที่ 47 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ทั้งหมด	131
ตารางที่ 48 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ.....	132
ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%.....	135
ตารางที่ 50 ตารางความเชื่อมั่น	136
ตารางที่ 51 สรุปคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน โดย IOC.....	139
ตารางที่ 52 พิกัดหม้อแปลงแบบแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230-400V และกำลังสูญเสียไฟฟ้า.....	141
ตารางที่ 53 งบประมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับขนาดของบริษัทฯไฟฟ้า ตามผลการประเมินฯ	149

สารบัญภาพประกอบ

	หน้า
ภาพประกอบ 1 ไดอะแกรมการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร	22
ภาพประกอบ 2 Load schedule diagram ของตัวอย่างที่ 3.1	28
ภาพประกอบ 3 Load Schedule Diagram ของตัวอย่างที่ 3.2	33
ภาพประกอบ 4 รูปแสดงการส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและ โหลดในการจ่ายไฟของการไฟฟ้า	45
ภาพประกอบ 5 แรงดันระบบจำหน่ายของ MEA	46
ภาพประกอบ 6 แรงดันระบบจำหน่ายของ PEA	46
ภาพประกอบ 7 รูปแสดง หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) และสิ่งห่อหุ้ม	48
ภาพประกอบ 8 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันแบบ Corrugated Tank	49
ภาพประกอบ 9 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง	50
ภาพประกอบ 10 รูปแสดง เครื่องห่อหุ้ม (Protective Enclosure)	51
ภาพประกอบ 11 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านบน	52
ภาพประกอบ 12 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง	52
ภาพประกอบ 13 รูปแสดงการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลง	60
ภาพประกอบ 14 ภาพที่ 1, 2 สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ในภาพที่ 3 ตามลำดับ ของมาตรฐาน IEC ตามลำดับ	73
ภาพประกอบ 15 ข้อมูล MCCB ที่มีใน Nameplate	75
ภาพประกอบ 16 ข้อมูลจาก Nameplate ด้านข้างของ MCCB	75
ภาพประกอบ 17 ข้อมูลของ MCCB ที่จุ่มหรือก้านโยก	76
ภาพประกอบ 18 การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) ในกรณีที่ CB มีค่า I _{cw}	77
ภาพประกอบ 19 ส่วนประกอบของ MCCB	77
ภาพประกอบ 20 ทางกายภาพของ shunt trip	78

ภาพประกอบ 21 Air Circuit Breaker: ACB ทางกายภาพ	79
ภาพประกอบ 22 การทำงานของชุดควบคุมของ ACB	79
ภาพประกอบ 23 Micro Logic ของ Air Circuit Breaker.....	80
ภาพประกอบ 24 วงจรและการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์	82
ภาพประกอบ 25 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้า.....	142
ภาพประกอบ 26 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าความสูญเสียตามพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1600 kVA.....	143
ภาพประกอบ 27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูญเสียและ %Z at any load ที่ 6.3% 13% 31.79% 45% และ 90% ของหม้อแปลงขนาด 1600 kVA	145
ภาพประกอบ 28 กราฟ แสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ย (สี่สัปดาห์) กับพิกัดที่หม้อแปลงและ C.B (สี่น้ำเงิน).....	153
ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ยเชิงเส้น	154
ภาพประกอบ 30 กราฟเชิงเส้นปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ย และช่วงกระแสที่ C.B จะสามารถทำงานได้.....	155
ภาพประกอบ 31 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้ จะมีหม้อแปลง 2 ตัว.....	158



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เริ่มมีการใช้ไฟฟ้าเป็นครั้งแรกของโลกเมื่อ ปี ค.ศ 1800 (มากกว่า 200 ปี) สำหรับประเทศไทยมีการใช้ไฟฟ้าเป็นครั้งแรกเมื่อปี 2427 พลังงานไฟฟ้าเป็นหนึ่งในทางเลือกของพลังงานที่มนุษย์ส่วนใหญ่เลือกใช้ ด้วยความสะดวกในการผลิตและใช้งาน พลังงานทั้งหมดสามารถจำแนกรูปแบบของพลังงานออกเป็นหน่วยใหญ่ๆ ที่รู้จักกันได้ดังนี้ พลังงานเคมี พลังงานความร้อน พลังงานศักย์ พลังงานจลน์ พลังงานไฟฟ้า พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และพลังงานนิวเคลียร์ ซึ่งพลังงานไฟฟ้าถือเป็นพลังงานที่มีการใช้งานกันมากที่สุด โดยสามารถนำไปเปลี่ยนแปลงเป็นพลังงานประเภทอื่นๆ ได้ เช่น พลังงานลม พลังงานความร้อน เป็นต้น

สำหรับประเทศไทยมีการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจอย่างรวดเร็ว ส่งผลให้ประเทศมีความต้องการใช้กระแสไฟฟ้าที่สูงขึ้นเป็นจำนวนมากในทุกภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ ซึ่งจะสวนทางกับอัตราการเพิ่มขึ้นของการก่อสร้างแหล่งผลิตกระแสไฟฟ้า ไม่ว่าจะเป็นการสร้างเขื่อน การสร้างโรงไฟฟ้าถ่านหิน การสร้างโรงไฟฟ้าประเภทต่างๆ การติดตั้งระบบโซลาร์ การติดตั้งกังหันลม กังหันน้ำก็ตามต่างก็มีอัตราการลงทุนที่สูง มีผลกับค่าไฟฟ้าที่มีการคิดค่าตัวคูณเพิ่มกับประชาชนที่จะต้องแบกรับไว้ ยังถือเป็นต้นทุนทางเศรษฐกิจที่ทำให้นักลงทุนทั้งในและนอก อาจตัดสินใจไม่เลือกประเทศไทยเป็นศูนย์กลางในการลงทุน ปัจจุบันทุกภาคส่วนมีความตระหนักเป็นอย่างยิ่งที่จะเร่งให้มีการประหยัดพลังงาน และนำโครงการหรืออุปกรณ์เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบต่างๆ รวมถึงการนำแหล่งพลังงานธรรมชาติต่างๆ เช่น โซลาร์บนดิน โซลาร์บนหลังคา โซลาร์บนน้ำ กังหันลม กังหันทะเลเข้ามาร่วมผลิตกระแสไฟฟ้า ร่วมกับแหล่งพลังงานที่มีอยู่ มาใช้เพื่อเป็นการเพิ่มแหล่งผลิตพลังงาน แต่พลังงานสะอาดเหล่านี้ ต้องมีการลงทุนค่อนข้างสูง และเมื่อหมดอายุ ก็จะเป็นขยะที่กำจัดยากในอนาคตอันใกล้ การประหยัดและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุดของระบบไฟฟ้า ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีของอุปกรณ์ไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงเกิดขึ้นอย่างมากในปัจจุบัน

โครงสร้างการใช้ไฟฟ้าในช่วงปี 2524-2546 จะเห็นได้ว่าไฟฟ้าเกือบทั้งหมดถูกใช้ไปใน 3 ส่วน คือ โรงงานอุตสาหกรรม ธุรกิจ (ซึ่งรวมถึงอาคารพาณิชย์และสถานที่ราชการด้วย) และบ้านเรือนที่อยู่อาศัย โดยประมาณ 45% ของไฟฟ้าถูกใช้ในโรงงานอุตสาหกรรม 30% ใช้ในร้านค้า ธุรกิจ และอีก 20% ใช้ในบ้านอยู่อาศัย ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นโดยตลอดทุกปีในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา ดังนั้นการใช้ไฟฟ้าในส่วนของที่อยู่อาศัยมีอัตราประมาณกว่า 20% ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด ดังนั้น

ผู้วิจัยจึงเห็นว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับที่อยู่อาศัยมีปริมาณหนึ่งในห้าของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมด และในส่วนของที่อยู่อาศัยทั้งหมดที่เกิดขึ้นในช่วง พ.ศ. 2537-2563 มีจำนวนโครงการที่ 17,785 จำนวนยูนิตที่ 3,191,675 มีมูลค่าที่ 8,949,989 ล้านบาท ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมา รวมถึงแนวโน้มตลาดที่อยู่อาศัย รวมถึงแนวทางชีวิตในยุคใหม่นี้ อาคารชุด หรือ คอนโด เป็นที่ต้องการของตลาดอย่างยิ่ง จึงเห็นว่าควรมีการพิจารณาวิเคราะห์สำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารชุดที่พักอาศัย และตลอดระยะเวลากว่า 20 ปีที่ผ่านมา มีอัตราการอยู่อาศัยของคนรุ่นใหม่เป็นแบบอาคารชุดที่พักอาศัย หรือที่นิยมเรียกกันว่า คอนโดมีเนียม เนื่องจากมีไลฟ์สไตล์ที่เป็นส่วนตัว อยู่ใกล้ที่ทำงาน สะดวกในการเดินทาง มีพื้นที่พักผ่อน เป็นอาคารสูงที่มีวิวทิวทัศน์ที่สวยงามสูงทั้งระหว่างวัน และในยามค่ำคืน อีกสาเหตุหนึ่งที่เลือกอาคารชุด หรือ คอนโด เนื่องจากบ้านที่อยู่อาศัยนั้นมีการขอ มิเตอร์แรงต่ำธรรมดา ซึ่งหากเทียบโดยพื้นที่ของบ้านที่อยู่อาศัยไม่มีผลกระทบต่อการใช้งานกระแสไฟฟ้ามากเท่ากับขนาดพื้นที่ของอาคารชุดที่จำเป็นต้องมีการวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างละเอียดระมัดระวังกว่าประเภทบ้านอยู่อาศัย

อาคารชุด หรือ คอนโดมีเนียม ในประเทศไทยมีกฎหมายควบคุมการก่อสร้างอาคารอย่างค่อนข้างมาก มีทั้งกฎหมายระดับพระราชบัญญัติไปถึงกฎกระทรวงมหาดไทย รวมถึงข้อบัญญัติของท้องถิ่นอีกด้วย ดังนั้นเมื่อกล่าวถึงเฉพาะกฎหมายที่ควบคุมคอนโด ซึ่งประกอบด้วยกฎหมายควบคุมคอนโด และกฎหมายควบคุมการก่อสร้างคอนโดทั้งหมด 4 ฉบับ มีดังนี้

- (1) พระราชบัญญัติอาคารชุด พ.ศ. 2522 กระทรวงมหาดไทย ซึ่งเป็นกฎหมายหลักที่ใช้ควบคุมอาคารชุดหรือคอนโดตั้งแต่การจดทะเบียนเป็นอาคารชุด กรรมสิทธิ์ในห้องชุด
- (2) พระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ.2522 กระทรวงมหาดไทย เป็นกฎหมายหลักในการควบคุมการก่อสร้างอาคาร การดัดแปลง รื้อถอน และการเคลื่อนย้ายอาคารและใช้หรือเปลี่ยนการใช้อาคาร
- (3) กฎกระทรวงฉบับที่ 55 (พ.ศ. 2543) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522 กระทรวงมหาดไทย ให้นิยามของอาคารขนาดใหญ่ว่า “อาคารขนาดใหญ่”
- (4) กฎกระทรวงมหาดไทยฉบับที่ 33 (พ.ศ.2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

การขออนุญาตเพื่อก่อสร้างอาคารชุด หรือ คอนโด การออกแบบอาคารให้ถูกต้องตามข้อกำหนดของกฎหมาย ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) หรือการวางระบบด้านความปลอดภัยต่างๆ เป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของกฎหมายควบคุมอาคารเท่านั้น ยังมีมาตรการทางกฎหมายที่เกี่ยวข้องมาตรฐานความปลอดภัยในเรื่องอื่นๆ อีกด้วย ไม่ว่าจะเป็นเรื่องมาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า มาตรฐานของระบบการดับเพลิง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบการจราจร และการรักษา

ความสะอาด ซึ่งเป็นอีกองค์ประกอบหนึ่งเจ้าของโครงการก่อสร้างคอนโดจะต้องให้ความสำคัญ และปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัด

ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2545 ในประเทศไทย ได้จัดทำมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ได้จัดทำร่วมกับการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและผังเมือง ภาครัฐอื่นๆ คณาจารย์ ภาคส่วนผู้ออกแบบระบบ ไฟฟ้า ภาคส่วนผู้รับเหมาติดตั้งระบบไฟฟ้า และภาคส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง มีส่วนหลักสำหรับการ ออกแบบ รายการคำนวณ ตามข้อกำหนดต่างๆ ทางกฎหมายที่เกี่ยวข้อง มีข้อกำหนดที่ใช้ออกแบบ และคำนวณ สำหรับอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปในบทที่ 3 และสำหรับอาคารชุด ที่พักอาศัย หรือ อาคารสูง ในบทที่ 9 โดยการเรียนทางวิศวกรรมไฟฟ้าจะมีการเรียนการสอนในส่วนการออกแบบและการคำนวณตามที่มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้ากำหนดเป็นอย่างน้อย ในส่วนของผู้ออกแบบ ก็ต้อง นำเสนอการออกแบบระบบไฟฟ้าทั้งโครงการของอาคารชุด หรือ อาคารสูง ให้กับเจ้าของโครงการฯ และขอใช้มิเตอร์ไฟฟ้ากับทางการไฟฟ้าฯ ทั้งนี้ทางการไฟฟ้าฯ ก็ต้องมีการเตรียมอุปกรณ์และ ปริมาณไฟฟ้าให้เพียงพอต่อการใช้งานของผู้ใช้ไฟรายต่างๆ ดังนั้นการออกแบบที่มีการเผื่อโหลดการ ใช้งานที่มากเกินไป ก็จะมีผลโดยตรงกับเจ้าของโครงการฯ ที่ต้องลงทุนสูง เพื่อเผื่อการใช้กระแสไฟฟ้า และสายป้อนให้สำหรับอาคารชุด และในส่วนของทางไฟฟ้าฯ ก็ต้องเผื่อการใช้กระแสไฟฟ้าในอนาคต หรือสำหรับโครงการอื่นๆ หรือส่วนอื่นๆ ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ก็จะเกิดเป็นลูกโซ่การลงทุนที่สูงเกิน ของทุกภาคส่วน และหากมีการออกแบบที่พอดี ก็จะมีการลงทุนที่เหมาะสม คุ่มค่าเงินลงทุน ซึ่งเป็น เรื่องที่ค่อนข้างยากมาก หรือ การออกแบบที่ไม่เผื่อ หรือ เผื่อไม่เพียงพอก็จะเกิดความเสียหายที่ต้องมี การลงทุนเพิ่มเติม และปัญหาอื่นๆ อีกมากมายตามมาภายหลัง

การวิจัยเรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมอาคารชุดที่พักอาศัย หรือ อาคารสูง ใน กรุงเทพมหานคร ประเทศไทยเนื่องจากมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าที่ใช้สำหรับการออกแบบระบบไฟฟ้า ของ วสท. ที่ได้ออกมาใช้งานสำหรับการออกแบบอาคารชุด ได้ใช้มานานกว่า 20 ปี และยังไม่มีการ ประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าที่ออกแบบตามมาตรฐานนั้นเหมาะสม หรือ มากเกิน หรือ น้อย เกินไปทั้งนี้ผู้วิจัยมองว่าการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย นั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการสำรวจและประเมินการใช้พลังงานโดยรวมตามหลักการทางสถิติ ที่ สามารถใช้กลุ่มตัวอย่างที่มีความเชื่อถือได้ให้เป็นเสมือนตัวแทนของประชากรอาคารชุดทั้งหมดใน ประเทศไทย โดยการเก็บข้อมูลประเมินผลและวิเคราะห์ว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของ อาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย นั้นมีปริมาณการใช้พลังงานเป็นสัดส่วนเท่าใด ของการออกแบบและการเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าโดยเลือกเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างอาคารชุดที่พัก อาศัย หรือ อาคารสูงเกิน 23 เมตร ในกรุงเทพมหานครของประเทศไทยที่มีอัตราความหนาแน่นของ ประชากร ความเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และปัจจัยความพร้อมของระบบสาธารณูปโภค เช่น ใกล้เคียง

ทางด่วน ไกล่ถนนสายหลัก ไกล่รถไฟฟ้า ไกล่รถประจำทาง เป็นต้น โดยได้เลือกอาคารชุดที่อยู่พื้นที่ กรุงเทพมหานครชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก ที่เข้าข่ายพื้นที่ที่มีอัตราความเจริญทางเศรษฐกิจ เพื่อให้ข้อมูลได้ประสิทธิภาพในส่วนของจำนวนผู้พักอาศัยและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมถึงช่วงเวลาในการเก็บข้อมูลที่มีการใช้พลังงานโดยรวมในเกณฑ์การใช้ที่งานสูง โดยอาคารชุดที่พักอาศัยของอาคารสูงและอาคารไม่สูงนั้นมีแนวทางการออกแบบตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าเหมือนกัน

ผลการวิจัยการประเมินฯ ครั้งนี้นั้น น่าจะเป็นส่วนหนึ่งในการช่วยหาแนวทางในการบริหารจัดการและการปรับหลักเกณฑ์ในการออกแบบ การติดตั้ง เพื่อให้เกิดการใช้งานที่ปลอดภัย ความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า โดยลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น และเป็นการลดต้นทุนในการก่อสร้างอาคารชุดที่พักอาศัยที่กำลังจะก่อสร้าง หรือที่กำลังออกแบบด้วย

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเก็บข้อมูล ประเมินผลตามหลักการทางสถิติและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
2. เพื่อบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ จากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม
3. เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน ที่เหมาะสมจากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ความสำคัญของการวิจัย

1. การเก็บข้อมูลและการประเมินผลการใช้พลังงานโดยรวมตามหลักการทางสถิติ เป็นสิ่งที่สำคัญยิ่งของมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าที่จะช่วยสะท้อนความเหมาะสมของการออกแบบตามหลักเกณฑ์ของมาตรฐานฯ ที่ใช้มานานมากกว่า 20 ปี ซึ่งเป็นไปตามหลักการทางการศึกษาและงานวิจัย
2. การวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม เพื่อให้ทราบถึงข้อเท็จจริงของเหตุผลและแนวทางในการประเมินผลการใช้พลังงานโดยรวม
3. ผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมและการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถนำมาใช้ในการบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวม เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของการใช้พลังงานสำหรับอาคารชุดในประเทศไทย

4. ผลการประเมินและการวิเคราะห์ที่ได้มา เพื่อหาแนวทางการออกแบบที่มีความปลอดภัย ความเชื่อถือ ความมีเสถียรภาพ ความมั่นคงตามหลักการทางวิศวกรรม ให้เกิดความคุ้มค่าทาง เศรษฐศาสตร์

กรอบแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

สำหรับงานวิจัย การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย เนื่องจากในกรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ที่มีอัตราความหนาแน่นของประชากรสูงสุดใน ประเทศไทย ตามอัตราความเจริญที่เกิดขึ้นในเมืองหลวงของทุกประเทศ ดังนั้นอาคารชุดที่พักอาศัย ในกรุงเทพมหานคร ที่ถือเป็นพื้นที่ที่มีอัตราการเกิดขึ้นของอาคารชุดจำนวนมาก และมีอัตราการใช้ พลังงานที่หนาแน่นสูง ซึ่งอาคารชุดในจังหวัดต่างๆ ของประเทศไทย จะมีอัตราการใช้พลังงานโดยรวมที่ อยู่ในเกณฑ์ที่น้อยกว่าในกรุงเทพมหานคร จึงเป็นปัจจัยที่เลือกเฉพาะอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ซึ่ง ไม่ว่าจะกรุงเทพมหานครหรือจังหวัดใดๆ การออกแบบอาคารชุด หรือ คอนโดมีเนียม ก็ต้องออกแบบ ตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า เป็นเกณฑ์ขั้นต่ำ โดยการออกแบบระบบไฟฟ้างดงกล่าวของอาคารชุด ต้องส่งให้ทางการไฟฟ้านครหลวงหรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคก่อนการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคาร ชุด เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความปลอดภัย ว่าเป็นไปตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์

ทั้งนี้การขออนุญาตเพื่อก่อสร้างอาคารชุด หรือ คอนโด การออกแบบอาคารให้ถูกต้องตาม ข้อกำหนดของกฎหมาย ผลกระทบสิ่งแวดล้อม (EIA) การวางระบบด้านความปลอดภัยต่างๆ มาตรฐานการออกแบบระบบไฟฟ้า มาตรฐานของระบบการดับเพลิง ระบบป้องกันอัคคีภัย ระบบ การจราจร และการรักษาความสะอาด ซึ่งเจ้าของโครงการก่อสร้างอาคารชุด หรือคอนโดจะต้องให้ ความสำคัญและปฏิบัติตามอย่างเคร่ง การขออนุญาตก่อสร้างอาคารชุดที่พักอาศัย ที่เป็นอาคารสูง เกิน 23 เมตร หรือ มากกว่า 7 ชั้น จำเป็นจะต้องไปจดทะเบียนที่กลุ่มงานกฎหมายอาคาร กอง ควบคุมอาคารสำนักการโยธา ของกรุงเทพมหานครที่ได้มีการจดบันทึกอาคารชุด ที่พักอาศัย ที่เป็น อาคารสูง ตั้งแต่ปี 2548 – 2563 มีจำนวนทั้งสิ้น 2,944 อาคารชุด

ในกรุงเทพมหานครจะมีการแบ่งเขตต่างๆ เป็นเขตชั้นใน 21 เขต เขตชั้นกลาง 18 เขต และ เขตชั้นนอก 11 เขต โดยมีรายละเอียดในแต่ละเขตดังนี้

1. เขตชั้นใน ประกอบด้วย 21 เขตปกครอง คือ พระนคร ป้อมปราบศัตรูพ่าย สัมพันธวงศ์ ปทุมวัน บางรัก ยานนาวา สาทร บางคอแหลม ดุสิต บางซื่อ พญาไท ราชเทวี ห้วยขวาง คลองเตย จตุจักร ธนบุรี คลองสาน บางกอกน้อย บางกอกใหญ่ ดินแดง วัฒนา

2. เขตชั้นกลาง ประกอบด้วย 18 เขตปกครอง คือ พระโขนง ประเวศ บางเขน บางกะปิ ลาดพร้าว บึงกุ่ม บางพลัด ภาษีเจริญ จอมทอง ราษฎร์บูรณะ สวนหลวง บางนา ทุ่งครุ บางแค วังทองหลาง คันนายาว สะพานสูง สายไหม

3. เขตชั้นนอก ประกอบด้วย 11 เขตปกครอง คือ มีนบุรี ดอนเมือง หนองจอก ลาดกระบัง ดลิ่งชัน หนองแขม บางขุนเทียน หลักสี่ คลองสามวา บางบอน ทวีวัฒนา

ในการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจของกรุงเทพมหานครได้มีอัตราการความเจริญเติบโตกระจาย ในเขตชั้นใน ชั้นกลาง และชั้นนอก ตามลำดับ โดยกลุ่มผู้ประกอบการการพัฒนาอสังหาริมทรัพย์ ที่เห็นโอกาสความต้องการที่อยู่อาศัยของคนเมือง จึงมีการลงทุนและก่อสร้างในเขตพื้นที่ที่มีความเจริญ เช่น แนวรถไฟฟ้า แนวถนนใหญ่ แนวรถประจำทาง แนวถนนตัดใหม่ ย่านธุรกิจ ย้ายใจเมือง เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่จะมีอาคารชุดที่เกิดขึ้นโดยส่วนใหญ่ในเขตชั้นใน และเขตชั้นกลาง

อาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานครชั้นใน ชั้นกลางและชั้นนอก นั้นมีที่อยู่ในทำเลที่ดี สะดวกต่อการเดินทาง ก็จะเป็นอาคารชุดที่พักอาศัยแบบอาคารสูง โดยผู้วิจัยจะเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอาคารสูง เนื่องจากอาคารสูงเป็นที่นิยมของผู้อยู่อาศัย และทางผู้ประกอบการก็สามารถสร้างได้ปริมาณมากในพื้นที่จำกัด โดยการเพิ่มจำนวนชั้นให้สูงขึ้น ทั้งนี้อาคารสูง ตามกฎกระทรวงมหาดไทย ฉบับที่ ๓๓ (พ.ศ. ๒๕๓๕) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. ๒๕๒๒ หมายถึง อาคารที่บุคคลอาจเข้าอยู่หรือเขาใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ ๒๓.๐๐ เมตร ขึ้นไปการวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้าสำหรับอาคารทรงจั่วหรือปนหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด โดยอาคารชุด ที่พักอาศัยของอาคารสูงและอาคารไม่สูงนั้นมีแนวทางการออกแบบตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าเหมือนกัน

สำหรับการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ ที่ต่อจากหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า ซึ่งพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารชุด ที่พักอาศัย นั้นต้องเริ่มต้นโดยมีรายการคำนวณในส่วนวงจรย่อยของในแต่ละห้องพัก แต่ละชั้น รวมถึงโหลดหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าของส่วนกลางที่มีการใช้งานร่วมกันของอาคารชุดที่พักอาศัย เช่น ลิฟท์ บิมน้ำ แสงสว่าง เครื่องปรับอากาศส่วนกลาง เป็นต้น เพื่อนำมาคำนวณและออกแบบ เลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าให้กับอาคารชุด

ในส่วนการวิเคราะห์ และประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด เพื่อแสดงให้เห็นถึงอัตราส่วนหรือปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมเทียบกับที่ออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า นั้นมีความใกล้เคียงหรือแตกต่างกัน โดยจะเน้นในช่วงเวลาที่มีการอยู่อาศัยกันอย่างมาก เช่น เวลาช่วง 20.00 -23.00 น. เพราะเป็นช่วงเวลาที่ผู้อยู่อาศัยส่วนใหญ่กลับมาพักผ่อนที่ห้องพัก

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่าง (sample) ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่
 - 1.1 อาคารชุดที่พักอาศัย ที่เป็น อาคารสูง ตามกฎกระทรวงมหาดไทยฉบับที่๓๓
 - 1.2 อาคารชุดที่พักอาศัย ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า > 1,000 kVA หรือ > 12kV 3 Phase ตามข้อกำหนด พระราชบัญญัติสภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร
2. พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ กรุงเทพมหานคร
3. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์และประเมินผล มีดังนี้
 - 3.1 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูลในช่วงเวลา 20.00 -23.00 น. หรือ ช่วงที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูง
 - 3.2 ช่วงเวลาการเก็บข้อมูล 15 กุมภาพันธ์ 2563 – 28 กุมภาพันธ์ 2564
 - 3.3 ระยะเวลาในการวิจัย 1 มกราคม 2563 – 31 พฤษภาคม 2564

สมมติฐานของการวิจัย

1. การออกแบบระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทยตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ที่มีใช้มาอย่างยาวนานกว่า 20 ปี จะได้มีการเก็บข้อมูลและการประเมินผลตามหลักการทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์ว่ามีความเหมาะสมกับที่ออกแบบไปอย่างไร หากมีความเหมาะสมก็เป็นเรื่องที่ดี แต่ถ้ามีการใช้งานจริงที่น้อยกว่าที่ออกแบบ ก็จะมีผลทำให้ไม่ปลอดภัย มีการลงทุนทั้งส่วนเริ่มต้นและค่าดำเนินการที่สูง ไม่ได้คุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์
2. การบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด เป็นเรื่องสำคัญสำหรับผู้อยู่อาศัย การไฟฟ้า และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมที่จำเป็นต้องมีการลงทุนด้านการสร้างหรือผลิตพลังงานไฟฟ้าขึ้นอย่างมากมาย เพื่อตอบสนองความต้องการ ดังนั้นความต้องการที่ไม่ตรงกับความจริง อาจจะทำให้เกิดการลงทุนที่ผิดพลาด ดังนั้นการบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าจึงเป็นเรื่องที่สำคัญต่อการวางแผนการใช้พลังงานของประเทศ

นิยามศัพท์เฉพาะ

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

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

3. อาคารสูง หมายถึง อาคารที่บุคคลอาจเขาอยู่หรือเขาใช้สอยได้โดยมีความสูงตั้งแต่ 23.00 เมตร ขึ้นไปการวัดความสูงของอาคารให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงพื้นดาดฟ้าสำหรับอาคารทรงจั่วหรือปนหยาให้วัดจากระดับพื้นดินที่ก่อสร้างถึงยอดผนังของชั้นสูงสุด (ตามกฎหมายกระทรวง ฉบับที่ 33 (พ.ศ. 2535) ออกตามความในพระราชบัญญัติควบคุมอาคาร พ.ศ. 2522

4. การออกแบบระบบไฟฟ้า หมายถึง การพัฒนาแบบแปลน หรือวิธีการจ่ายกำลังไฟฟ้า จากจุดจ่ายไฟไปยังอุปกรณ์ใช้กำลังไฟฟ้าต่างๆ หรือจ่ายสัญญาณไฟฟ้า ไปจุดรับสัญญาณไฟฟ้าไปยังอุปกรณ์การใช้งาน การออกแบบระบบไฟฟ้าเป็นงานที่กว้างขวางต้องการข้อมูลมากมาย ผู้ออกแบบระบบไฟฟ้า จะต้องเป็นผู้ใฝ่รู้ สนใจในวิชาการต่างๆ

5. เศรษฐศาสตร์ หมายถึง เศรษฐศาสตร์มุ่งศึกษาพฤติกรรมและการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างตัวแสดงทางเศรษฐกิจและการทำงานของเศรษฐกิจ เศรษฐศาสตร์จุลภาควิเคราะห์องค์ประกอบหลักในระบบเศรษฐกิจ รวมทั้งตัวแสดงและตลาดที่เป็นปัจเจกบุคคล การมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน และผลลัพธ์ของปฏิสัมพันธ์นั้น ตัวอย่างของตัวแสดงที่เป็นปัจเจกรวมถึงครัวเรือน ภาคธุรกิจ ผู้ซื้อ และผู้ขาย เศรษฐศาสตร์มหภาควิเคราะห์เศรษฐกิจในภาพรวม (หมายถึงการผลิตมวลรวม การบริโภค การออม และการลงทุน) และปัญหาที่กระทบมัน รวมทั้งการไม่ได้ใช้ของทรัพยากรต่างๆ (แรงงาน, ทุน, และที่ดิน) เงินเพื่อ การเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจ และนโยบายสาธารณะที่จัดการปัญหาเหล่านั้น (การเงิน การคลัง และนโยบายอื่นๆ) การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมตามหลักการทางสถิติ เมื่อได้ข้อมูลทางสถิติแล้วนำมาวิเคราะห์ เพื่อบริหารจัดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด ทั้งยังหาแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าให้เหมาะสม ปลอดภัย เพื่อให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัย ได้ศึกษาจากเอกสารต่างๆ และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้เป็นแนวทางในการศึกษาวิจัย ดังนี้

1. มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย
2. การออกแบบระบบไฟฟ้า
3. การติดตั้งระบบไฟฟ้า
4. หม้อแปลงไฟฟ้า
5. ช่างไฟฟ้า และวิศวกรไฟฟ้าอย่างมืออาชีพ
6. 108 คำถาม กับเรื่องช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 อย่างมืออาชีพ
7. การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า
8. การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ 2015
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (2556) ภายหลังจากจัดทำ มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย พ.ศ. 2545 ซึ่งได้รับการตอบรับและเป็นที่ยอมรับ ของหน่วยงานการไฟฟ้านครหลวง (กฟน.) และการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (กฟภ.) รวมทั้งหน่วยงาน ราชการ รัฐวิสาหกิจ และเอกชนโดยทั่วไปเป็นอย่างดี

วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ (วสท.) ได้รวบรวมประเด็น ข้อผิดพลาดและข้อสงสัยต่อการใช้งานมาตรฐาน เพื่อนำมาปรับปรุงมาตรฐานให้มีความสมบูรณ์ ถูกต้อง และทันสมัย โดยคณะกรรมการปรับปรุงซึ่งประกอบด้วยตัวแทนจากการไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและผังเมือง สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและ ไฟฟ้าไทย สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกลไทย และผู้ทรงคุณวุฒิในสายงานที่เกี่ยวข้องจนได้เป็น ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 1 นี้

วสท. ใคร่ขอขอบคุณ การไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค กรมโยธาธิการและผัง เมือง สมาคมวิศวกรออกแบบและปรึกษาเครื่องกลและไฟฟ้าไทย สมาคมช่างเหมาไฟฟ้าและเครื่องกล ไทยผู้ทรงคุณวุฒิในสายงานที่เกี่ยวข้องที่ได้ส่งผู้แทนเป็นคณะกรรมการปรับปรุงในครั้งนี้และ

โดยเฉพาะ รศ.ดร.ชำนาญ ห่อเกียรติ ซึ่งได้สละเวลาการทำงานให้ วสท. อย่างเต็มที่แม้ในช่วงที่สุขภาพไม่แข็งแรงเพื่อให้การปรับปรุงมาตรฐานในครั้งนี้เสร็จสมบูรณ์ โดยมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องและเป็นหลักสำคัญ ดังนี้

1. ตัวนำประธาน สายป้อน วงจรย่อย

ในการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าในระบบแรงต่ำวงจรย่อยถือเป็นส่วนสำคัญที่ต้องตรวจสอบข้อมูลโหลดตามลักษณะการใช้งานเพื่อคำนวณและออกแบบกำหนดขนาดตัวนำการป้องกัน กระแสเกิน และต้องทำการป้องกันไฟฟ้าดูดโดยใช้เครื่องตัดไฟรั่วในที่อยู่อาศัยให้เหมาะสมกับสภาพพื้นที่บริเวณใช้งานด้วยสำหรับสายป้อน ค่าตีमानต์แพกเตอร์จะนำไปใช้คำนวณโหลดของสายป้อน เพื่อกำหนดขนาดตัวนำและการป้องกันกระแสเกินของสายป้อนให้มีขนาดเหมาะสมและใช้งานได้เพียงพอทั้งนี้ตัวนำประธานและบริภัณฑ์ประธาน ได้มีข้อกำหนดเพื่อให้ระบบไฟฟ้าดังกล่าวทำงานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

1.1 วงจรย่อย

1.1.1 ขอบเขต

ให้ใช้กับวงจรย่อยสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างหรือเครื่องใช้ไฟฟ้า หรือทั้งไฟฟ้าแสงสว่างและเครื่องใช้ไฟฟ้าวรรวมกัน

1.1.2 ขนาดพิกัดวงจรย่อย

1.1.3 ขนาดตัวนำของวงจรย่อย

ตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ ตามข้อ 3.1.6 และต้องไม่น้อยกว่าพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อย และกำหนดให้ขนาดตัวนำของวงจรย่อยต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 2.5 ตร. มม.

1.1.4 การป้องกันกระแสเกิน

วงจรย่อยต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

1.1.5 โหลดสำหรับวงจรย่อย

วงจรย่อยซึ่งมีจุดต่อไฟฟ้าตั้งแต่ 2 จุดขึ้นไป ลักษณะของโหลดต้องเป็นไปตามข้อกำหนดต่อไปนี้

1.1.5.1 วงจรย่อยขนาดไม่เกิน 20 แอมแปร์ โหลดของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบแต่ละเครื่องจะต้องไม่เกินร้อยละ 80 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย กรณีมีเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้เต้าเสียบรวมอยู่ด้วยโหลดที่ติดตั้งถาวรรวมกันแล้วจะต้องไม่เกินร้อยละ 50 ของขนาดพิกัดวงจรย่อย

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

1.1.5.3 วงจรย่อยขนาดเกิน 32 ถึง 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับดวงโคมไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรขนาดดวงโคมละไม่ต่ำกว่า 250 วัตต์หรือใช้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งถาวรวงจรย่อยขนาดเกินกว่า 50 แอมแปร์ ให้ใช้กับโหลดที่ไม่ใช่แสงสว่างเท่านั้น

1.1.6 การคำนวณโหลดสำหรับวงจรย่อย

1.2 สายป้อน

1.2.1 ขนาดตัวนำของสายป้อน

สายป้อนต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าโหลดสูงสุดที่คำนวณได้และไม่น้อยกว่าขนาดพิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และกำหนดให้ขนาดตัวนำของสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

1.2.2 การป้องกันกระแสเกิน

สายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน โดยขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องสอดคล้องกับโหลดสูงสุดที่คำนวณได้

1.2.3 การคำนวณโหลดสำหรับสายป้อน

โหลดของสายป้อนต้องคำนวณตามที่กำหนดดังต่อไปนี้

1.2.3.1 สายป้อนต้องมีขนาดกระแสเพียงพอสำหรับการจ่ายโหลดและต้องไม่น้อยกว่าผลรวมของโหลดในวงจรย่อยเมื่อใช้ติมันต์แพกเตอร์

1.2.3.2 โหลดแสงสว่าง อนุญาตให้ใช้ติมันต์แพกเตอร์ตามตารางที่ 3-1

1.2.3.3 โหลดของเต้ารับของสถานที่ที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย อนุญาตให้ใช้ติมันต์แพกเตอร์ตามตารางที่ 3-2 ได้เฉพาะโหลดของเต้ารับที่มีการคำนวณโหลดแต่ละเต้ารับไม่เกิน 180 โวลต์แอมแปร์

1.2.3.4 โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป อนุญาตให้ใช้ติมันต์แพกเตอร์ได้ เต้ารับในอาคารที่อยู่อาศัยที่ต่อเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ทราบโหลดแน่นอนให้คำนวณโหลดจากเต้ารับที่มีขนาดสูงสุด 1 เครื่องรวมกับร้อยละ 40 ของขนาดโหลดในเต้ารับที่เหลือ

1.2.3.5 ติมันต์แพกเตอร์นี้ให้ใช้กับการคำนวณสายป้อนเท่านั้นห้ามใช้กับการคำนวณวงจรย่อย

1.2.4 ขนาดตัวนำนิวทรัล (Neutral)

ขนาดตัวนำนิวทรัล ต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า

1.3 การป้องกันกระแสเกินสำหรับวงจรย่อยและสายป้อน

วงจรย่อยและสายป้อนต้องมีการป้องกันกระแสเกิน และเครื่องป้องกันกระแสเกิน ในกรณีที่ติดตั้งเครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมสำหรับดวงโคมหรือเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นๆ เครื่องป้องกันกระแสเกินเพิ่มเติมเหล่านี้ จะใช้แทนเครื่องป้องกันกระแสเกินของวงจรย่อยไม่ได้และไม่จำเป็นต้องเข้าถึงได้ทันที

1.4 ตัวนำประธาน (Service Conductor)

ตัวนำประธานต้องมีขนาดเพียงพอที่จะรับโหลดทั้งหมดได้ และตัวนำประธานที่จ่ายไฟฟ้า ให้กับอาคารหลังหนึ่งๆ หรือผู้ใช้ไฟฟ้ารายหนึ่งต้องมีชุดเดียว

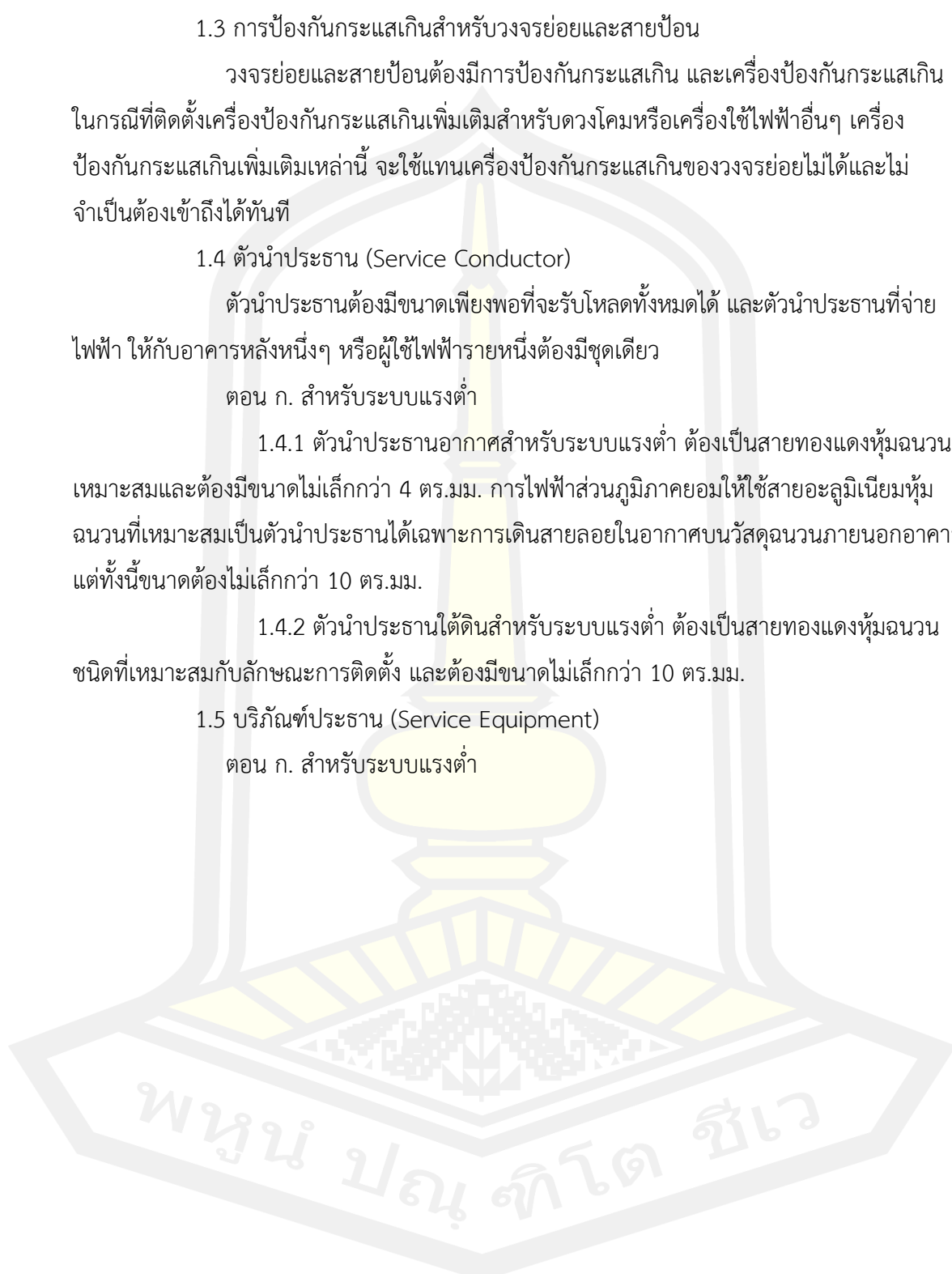
ตอน ก. สำหรับระบบแรงต่ำ

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

1.4.2 ตัวนำประธานใต้ดินสำหรับระบบแรงต่ำ ต้องเป็นสายทองแดงหุ้มฉนวนชนิดที่เหมาะสมกับลักษณะการติดตั้ง และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่า 10 ตร.มม.

1.5 บริภัณฑ์ประธาน (Service Equipment)

ตอน ก. สำหรับระบบแรงต่ำ



ตารางที่ 1 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัด กฟน.

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

หมายเหตุ พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน (ประเภทที่ปรับค่าพิกัดได้ ให้ใช้ค่าสูงสุดเป็นเกณฑ์) มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้ แต่ทั้งนี้ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้



ตารางที่ 2 ขนาดสายไฟฟ้า เซฟตี้สวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์สำหรับตัวนำประธาน (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ขนาด เครื่องวัด หน่วย ไฟฟ้า (แอมแปร์)	โหลด สูงสุด (แอมแปร์)	ขนาดตัวนำประธาน เล็กที่สุดที่ยอมให้ ใช้ได้ (ตร.มม.)		บริษัทประธาน				
		สาย อะลูมิเนียม	สาย ทองแดง	เซฟตี้สวิตช์หรือ โหลดเบรกสวิตช์		คัตเอาต์ใช้ร่วมกับ คาร์ทริดจ์ฟิวส์		เซอร์กิต เบรกเกอร์
				ขนาด สวิตช์ ต่ำสุด (A)	ขนาด ฟิวส์ สูงสุด (A)	ขนาด คัท เอาต์ ต่ำสุด (A)	ขนาด ฟิวส์ สูงสุด (A)	ขนาด ปรับตั้ง สูงสุด (A)
5 (15)	12	10	4	30	15	20	16	15-16
15 (45)	36	25	10	60	40-50	-	-	40-50
30 (100)	80	50	35	100	100	-	-	100

หมายเหตุ 1. สำหรับตัวนำประธานภายในอาคารให้ใช้สายทองแดง
2. ขนาดสายในตารางนี้สำหรับวิธีการเดินสายลอยในอากาศบนวัสดุฉนวนภายนอกอาคาร หากวิธีการเดินสายแบบอื่นให้พิจารณาขนาดตัวนำประธานในบทที่ 5 แต่ทั้งนี้ขนาดตัวนำประธานต้องรับกระแสได้ไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดตามตาราง

2. ข้อกำหนดการเดินสายและวัสดุ

ข้อกำหนดในบทนี้เกี่ยวกับการเดินสายในระบบแรงต่ำ แรงสูงวิธีการเดินสายแบบต่างๆ และขนาดกระแสของสายสำหรับวิธีการเดินสายต่างๆ รวมถึงกล่องสำหรับงานไฟฟ้า แผงสวิตช์ แผงย่อยและสายไฟฟ้า

2.1 ข้อกำหนดการเดินสายสำหรับระบบแรงต่ำ

2.1.1 ขอบเขต ข้อกำหนดนี้ครอบคลุมการเดินสายทั้งหมด ยกเว้น การเดินสายที่เป็นส่วนประกอบภายในของบริษัทไฟฟ้า เช่น มอเตอร์ แผงควบคุมและแผงสวิตช์ต่างๆ ซึ่งประกอบสำเร็จจากโรงงานการเดินสายนอกเหนือจากที่กล่าวในบทนี้อนุญาตให้ทำได้แต่ต้องได้รับความเห็นชอบจากการไฟฟ้าฯ ก่อน

2.1.2 การเดินสายไฟของระบบไฟฟ้าที่มีแรงดันต่างกัน

2.1.3 การป้องกันความเสียหายทางกายภาพของสายไฟ

2.1.4 การติดตั้งใต้ดิน

3. อาคารชุดอาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ

ข้อกำหนดในบทนี้เกี่ยวกับการออกแบบระบบไฟฟ้าในอาคารชุดอาคารสูง หรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ สำหรับอาคารชุดการคำนวณโหลดจะพิจารณาจากชนิดของห้องชุดและพื้นที่ของห้องชุด

อาคารชุด

3.1 ทั่วไป ให้ใช้กับอาคารชุดทุกประเภท ภายใต้ พ.ร.บ.อาคารชุดฯ พ.ศ.2522 หรือที่จะแก้ไขเพิ่มเติมต่อไป ซึ่งกฎหมายรับรองกรรมสิทธิ์ในแต่ละห้องชุด

3.2 การคำนวณโหลดให้แบ่งการคำนวณโหลดออกเป็น 2 ส่วน คือ โหลดส่วนกลาง และโหลดห้องชุด 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 ขนาดความต้องการใช้ไฟฟ้าของห้องชุด ให้คำนวณจากขนาดพื้นที่ในห้องชุด ไม่รวมพื้นที่เฉลียง และห้ามใช้ดีมานด์แฟกเตอร์ ซึ่งอาจแบ่งออกเป็น

3.2.2.1 ห้องชุดที่ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง [90 x พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)] + 1,500 VA

3.2.2.1.1 ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม < 180 ตร.ม [90 x พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)] + 3,000 VA

3.2.2.1.2 ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 180 ตารางเมตร [90 x พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)] + 6,000 VA

3.2.2.2 ห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง

3.2.2.2.1 ห้องชุดที่มีพื้นที่ไม่เกิน 55 ตารางเมตร [20 x พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)] + 1,500 VA

3.2.2.2.2 ห้องชุดที่มีพื้นที่มากกว่า 55 ตร.ม < 180 ตร.ม [20 x พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)] + 3,000 VA

3.2.2.2.3 ห้องชุดที่มีพื้นที่ > 180 ตร.ม [20 x พื้นที่ห้อง (ตร.ม.)] + 6,000 VA

3.2.2.3 โหลดห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าทั่วไป

3.2.2.3.1 ห้องชุดที่ไม่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลางให้ใช้ค่า

155 VA/sq.m

3.2.2.3.2 ห้องชุดที่มีระบบทำความเย็นจากส่วนกลาง ให้ใช้ค่า 85

VA/sq.m

3.2.2.3.3 ห้องชุดประเภทสำนักงานหรือร้านค้าหรือเพื่อการอื่นใดที่

ใช้ไฟฟ้ามากเป็นพิเศษ

3.2.2.4 โหลดห้องชุดประเภทอุตสาหกรรม ให้ใช้ค่าไม่น้อยกว่า 220

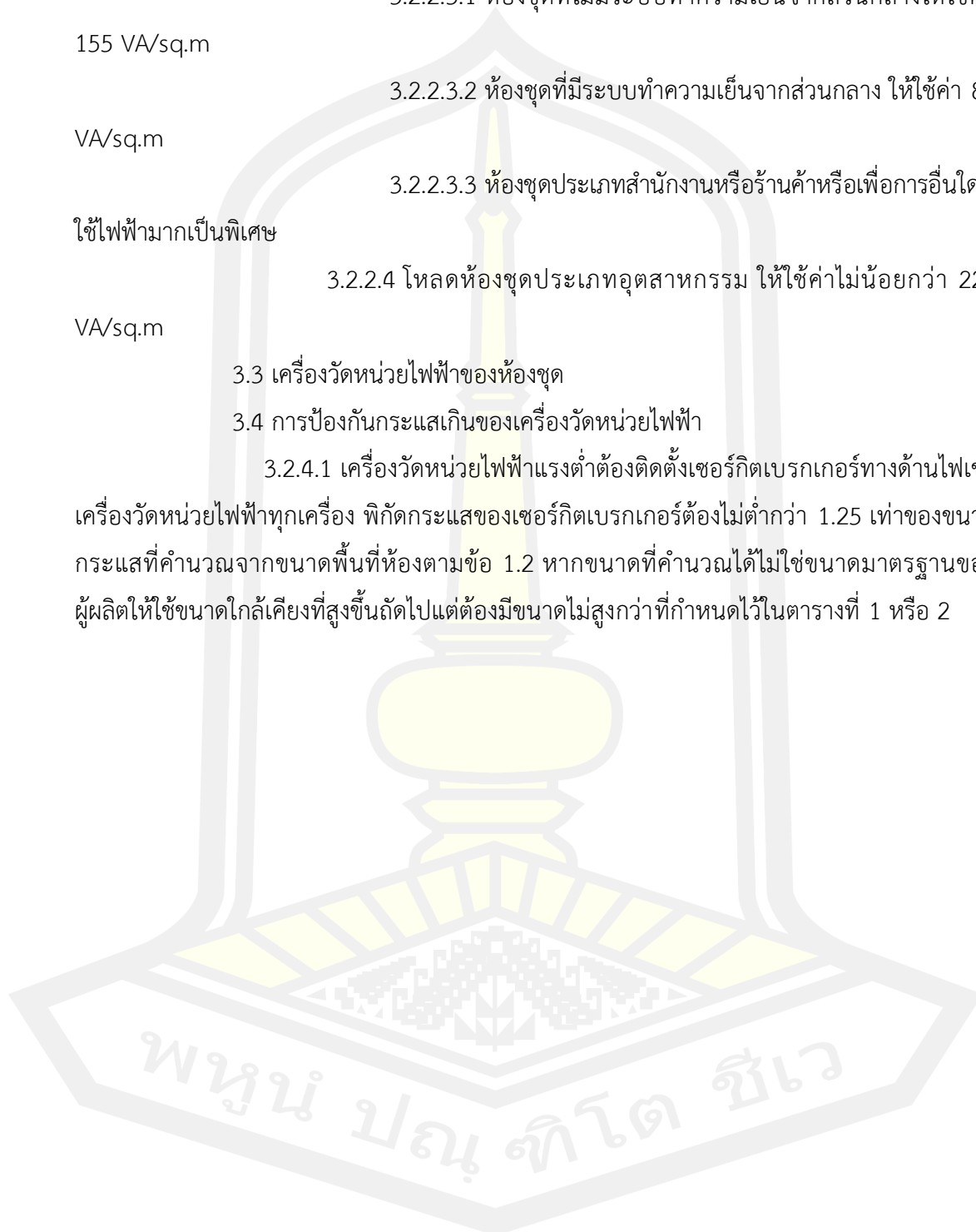
VA/sq.m

3.3 เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าของห้องชุด

3.4 การป้องกันกระแสเกินของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า

3.2.4.1 เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำต้องติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ทางด้านไฟเข้า

เครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าทุกเครื่อง พิกัดกระแสของเซอร์กิตเบรกเกอร์ต้องไม่ต่ำกว่า 1.25 เท่าของขนาดกระแสที่คำนวณจากขนาดพื้นที่ห้องตามข้อ 1.2 หากขนาดที่คำนวณได้ไม่ใช่ขนาดมาตรฐานของผู้ผลิตให้ใช้ขนาดใกล้เคียงที่สูงขึ้นถัดไปแต่ต้องมีขนาดไม่สูงกว่าที่กำหนดไว้ในตารางที่ 1 หรือ 2



ตารางที่ 3 ขนาดของเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ สำหรับห้องชุดประเภทอยู่อาศัย (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ลำดับที่	ประเภท	พื้นที่ห้อง ตาราง เมตร	โหนดสูงสุด 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	โหลดสูงสุด ของเครื่อง วัดฯ (A)	ขนาดเครื่อง วัดฯ
1	ไม่มีระบบทำความ เย็น จากส่วนกลาง	55	36	15 (45) A 1P
		150	80	30 (100) A 1P
		180	36	15 (45) A 3P
		483	80	30 (100) A 3P
2	มีระบบทำความเย็น จากส่วนกลาง	35	12	5 (15) A 1P
		180	36	15 (45) A 1P
		525	80	30 (100) A 1P
		690	36	15 (45) A 3P
		2,475	80	30 (100) A 3P

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 และใช้ค่าโคอินซิเดนซ์แฟกเตอร์ (Co-incidence Factor) เพื่อคำนวณลดขนาดสายป้อนได้

3.8 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลง

3.8.1 หม้อแปลงและห้องหม้อแปลงต้องเป็นไปตามที่กำหนด ห้ามติดตั้งหม้อแปลงชนิดฉนวนติดไฟได้หรือ หม้อแปลงชนิดฉนวนติดไฟยาก ภายในอาคาร ใต้อาคารบนดาดฟ้า หรือบนส่วนยื่นของอาคาร

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 และอนุญาตให้ใช้ค่าโคอินซิเดนตแพกเตอร์ ได้

คำอธิบาย ขนาดปรับตั้งของเซอร์กิตเบรกเกอร์ แนะนำให้ใช้ค่าไม่เกินร้อยละ 125 ของกระแสด้านแรงต่ำของหม้อแปลง

3.10 ตัวนำประธานแรงต่ำจากหม้อแปลงไปยังแผงสวิตช์รวมตัวนำประธานแรงต่ำจากหม้อแปลงไปยังแผงสวิตช์รวมต้องมีขนาดกระแสไม่น้อยกว่าพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินตามข้อ 3.9.5 สำหรับขนาดตัวนำนิวทรัลต้องเป็นไปตามข้อ 3.2.4

การออกแบบระบบไฟฟ้า

1. การวางแผนการออกแบบระบบไฟฟ้า ในงานออกแบบระบบไฟฟ้ามีองค์ประกอบหลายอย่างที่เราจะต้องนำมาพิจารณาในแต่ละโครงการ ซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ละชนิดของโครงการนั้นๆ แต่ก็มีส่วนในหลายส่วนที่เป็นขั้นตอนร่วมที่คล้ายคลึงกันสำหรับงานออกแบบทุกโครงการ ซึ่งส่วนมากก็จะเป็นงานที่ต้องติดต่อกับผู้ออกแบบในสาขาต่างๆ (ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์, 2559) เช่น

- 1.1 งานด้านสถาปัตยกรรม
- 1.2 งานด้านเครื่องกล
- 1.3 งานด้านประปาและน้ำเสีย
- 1.4 การไฟฟ้านครหลวงหรือส่วนภูมิภาค
- 1.5 องค์การโทรศัพท์หรือบริษัทเอกชนผู้ทำการ
2. ขั้นตอนการออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลังอาจแบ่งเป็นขั้นตอนดังต่อไปนี้
 - 2.1 ศึกษาแบบทางด้านสถาปัตยกรรมอย่างละเอียด เช่น
 - 2.1.1 จำนวนชั้น ความสูงของแต่ละชั้น และความสูงทั้งหมด
 - 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 บริเวณที่เหมาะสมที่จะเป็นช่องเดินสายไฟฟ้า (Electrical Shaft) เป็นต้น
 - 2.2 ออกแบบไฟฟ้าแสงสว่างตามความต้องการการใช้งานส่วนต่างๆ ของอาคาร เช่น ห้องทำงานต้องการความสว่าง 500 lux เป็นต้น และเลือกชนิดของดวงโคมตามความเหมาะสม
 - 2.3 ให้ตำแหน่งดวงโคมตามแบบดวงโคมและจำนวนที่ได้จาก Lighting Design ลงบนแปลนพื้น
 - 2.4 ให้ตำแหน่งเต้ารับตามความเหมาะสม ซึ่งส่วนมากจะวางตามเสาหรือตามผนังบนแปลนพื้น
 - 2.5 ให้ตำแหน่งและชนิดของอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่ได้จากเจ้าของโครงการหรือตามกระบวนการผลิต
 - 2.6 กำหนดตำแหน่งของแผงจ่ายไฟฟ้าที่จะจ่ายไฟฟ้าให้โหลดเหล่านี้
 - 2.7 ออกแบบวงจรย่อยสำหรับโหลดต่างๆ ให้ครบ โดยต้องคำนึงว่าแผงจ่ายไฟฟ้ามีวงจรย่อยสูงสุด 42 วงจร และวงจรใช้งานไม่ควรเกิน 32 วงจร ส่วนที่เหลือเป็นวงจรย่อยสำรองและวงจรย่อยว่าง ถ้าวางจรใช้งานมีมากกว่า 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 ที่ใช้ไฟฟ้าจากวิศวกรรมสาขาที่เกี่ยวข้อง เช่น

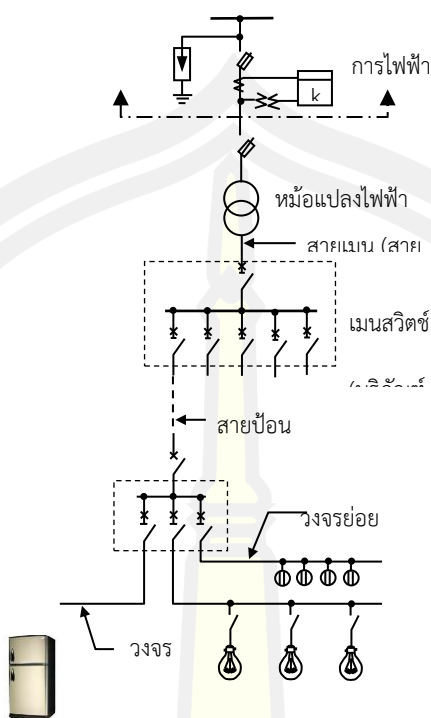
- 2.11.1 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศ
- 2.11.2 ระบบสุขาภิบาล
- 2.11.3 ระบบลิฟต์ เป็นต้น
- 2.12 ทำ Main Schedule เพื่อหาขนาดของ Main Distribution Board (MDB)
- 2.13 หาขนาดมิเตอร์หรือขนาดหม้อแปลง
- 2.14 หาขนาด Standby Generator Set ถ้ามี จากแผงจ่ายไฟฟ้าฉุกเฉิน (Emergency Main Distribution Board, EMDB)
- 2.15 ออกแบบระบบประธาน
- 2.16 จาก Panelboard และ Distribution Board ออกแบบระบบการจ่ายไฟฟ้า
- 2.17 ออกแบบ Single Line Diagrams
- 2.18 ออกแบบ Riser Diagrams

การติดตั้งระบบไฟฟ้า

การติดตั้งระบบไฟฟ้า ประกอบด้วยดังนี้ (ลือชัย ทองนิล, 2560: 93-115)

1. ระบบไฟฟ้าภายในอาคาร
 - 1.1 วงจรไฟฟ้าภายในอาคาร ระบบการจ่ายไฟฟ้าในอาคารประกอบด้วยวงจรรย่อย สายป้อน และสายเมน กรณีที่ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้ไฟมากเป็นพิเศษ (ตามที่การไฟฟ้า กำหนด) จะต้องติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย ตามที่แสดงในภาพประกอบ 1

พหุบัณฑิต ชีวะ



ภาพประกอบ 1 ไดอะแกรมการจ่ายไฟฟ้าของระบบไฟฟ้าภายในอาคาร

2. วงจรรย่อย

เป็นวงจรที่จ่ายไฟให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าเช่น ไฟฟ้าแสงสว่าง เต้ารับ และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ปกติจะนิยมแยกวงจรรออกตามชนิดของโหลดเช่น วงจรรสำหรับไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับเต้ารับ และสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกิน ใช้เป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือฟิวส์ก็ได้ ขนาดพิกัดต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้และอาจเผื่อไว้อีกเล็กน้อย ดังนี้

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\approx 1.25 \times$ โหลดของวงจรรที่คำนวณได้

การคำนวณโหลด เป็นดังนี้

1. ไฟฟ้าแสงสว่างคิดจากขนาดรวมของไฟฟ้าแสงสว่างที่ต่อใช้งานในวงจรรนั้น กำลังไฟฟ้าของโหลดไฟอาจเปลี่ยนแปลงตามแต่ละผู้ผลิต อาจใช้ค่าจากตาราง 5 ถึง 7 เป็นแนวทางได้ สำหรับโหลดไส้กำลังไฟฟ้าเป็น VA คือขนาดวัตต์ของโหลด

2. เต้ารับใช้งานทั่วไป หมายถึงเต้ารับที่ติดตั้งไว้ทั่วไปโดยยังไม่ทราบโหลดที่แน่นอน คิดโหลดเต้ารับละ 180 VA เต้ารับอื่นที่ทราบโหลดแล้วใช้ตามโหลดที่ทราบนั้น

3. เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น คิดตามที่ติดตั้งจริง

ตารางที่ 5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดยาว)

กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้า (VA)	
	บัลลาสต์ชนิด Low Power Factor	บัลลาสต์ชนิด High Power Factor
18(20)	90	40
36(40)	100	60

ตารางที่ 6 หลอดฟลูออเรสเซนต์ (หลอดตะเกียบ)

กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้า (VA)
9	15
11	20
15	25
20	35

ตารางที่ 7 หลอดก๊าซแรงดันไอสูง (High Intensity Discharge: HID Lamp)

กำลังไฟฟ้าของหลอด (วัตต์)	กำลังไฟฟ้า (VA)	
	บัลลาสต์ชนิด Low Power Factor	บัลลาสต์ชนิด High Power Factor
80	180	100
125	260	160
250	500	300
400	750	500
700	1250	850
1,000	1,900	1,200

หมายเหตุ ตารางที่ 7 ใช้ได้กับหลอดแสงจันทร์ (High Pressure Mercury) หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High Pressure Sodium) และ หลอดเมทัลฮาไลด์ (Metal Halide)

ตารางที่ 8 เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน 1 เฟส 230 โวลต์

ขนาด		โหลด (kVA)
ตันความเย็น	Btu/hr	
1	12,000	1.5
1.5	18,000	1.7
2	24,000	2.6
3	36,000	4.2

ตารางที่ 9 เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน 3 เฟส 400 โวลต์

ขนาด		โหลด (kVA)
ตันความเย็น	Btu/hr	
4	48,000	6.12
5	60,000	7.83
6	72,000	9.74
7	84,000	12.18
8	96,000	12.97
9	108,000	14.02
10	120,000	16.45

หมายเหตุ ตาราง 5 ถึง 9 เป็นค่าโดยประมาณเท่านั้น ค่าจริงตามแต่ละผู้ผลิตอาจต่างออกไป

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

3. วงจรสายป้อน

สายป้อนคือวงจรที่จ่ายไฟให้กับวงจรย่อยตั้งแต่ 2 วงจรขึ้นไป หรือจ่ายไฟให้สายป้อนด้วยกัน

การกำหนดขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินขนาดพิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินต้องไม่ต่ำกว่าโหลดที่คำนวณได้และอาจเผื่อไว้เล็กน้อย ดังนี้

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\approx 1.25 \times$ โหลดของวงจรที่คำนวณได้

การคำนวณโหลด จะคิดจากผลรวมของโหลดทั้งหมดที่ต่อใช้งานจากสายป้อนนั้น และอนุญาตให้ใช้ค่าดีมานด์แพกเตอร์ได้ ตามตาราง 10 ถึง 12 ดังนี้

1. โหลดแสงสว่าง ใช้ค่าดีมานด์แพกเตอร์ตามตาราง 10 แต่ห้ามใช้กับสายป้อนในสถานที่บางแห่งของโรงพยาบาล หรือโรงแรม ซึ่งบางขณะไฟฟ้าแสงสว่างจะต้องใช้พร้อมกันเช่น ในห้องผ่าตัด ห้องอาหาร หรือห้องโถง
2. โหลดเต้ารับใช้งานทั่วไปที่คิดโหลดไว้เต้ารับละไม่เกิน 180 VA ใช้ในสถานที่อื่นที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย ใช้ค่าดีมานด์แพกเตอร์ตามตาราง 11
3. โหลดเต้ารับอื่นในสถานที่อยู่อาศัยที่ทราบโหลดแน่นอนแล้วให้คิดโหลดจากเต้ารับตัวแรกที่มีขนาดโหลดสูงสุดบวกกับ 40 % ของโหลดเต้ารับที่เหลือ
4. โหลดเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ใช้ค่าดีมานด์แพกเตอร์ตามตารางที่ 12

การกำหนดขนาดสายไฟฟ้า สายไฟฟ้าต้องมีขนาดกระแสไม่ต่ำกว่าขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินของสายป้อน และไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม.

สายนิวทรัล ต้องมีขนาดกระแสเพียงพอที่จะรับกระแสไม่สมดุลสูงสุดที่เกิดขึ้น และต้องมีขนาดไม่เล็กกว่าขนาดสายดินของบริภัณฑ์ไฟฟ้า กรณีระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ขนาดของสายนิวทรัลมีข้อกำหนดดังนี้

1. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดไม่เกิน 200 A ขนาดกระแสของตัวนำนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่าขนาดกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดนั้น
2. กรณีสายเส้นไฟมีกระแสของโหลดไม่สมดุลสูงสุดมากกว่า 200 A ขนาดกระแสของตัวนำนิวทรัลต้องไม่น้อยกว่า 200 A บวกด้วย 70% ของส่วนที่เกิน 200 A
3. ไม่อนุญาตให้คำนวณลดขนาดกระแสในตัวนำนิวทรัลในส่วนของโหลดไม่สมดุลที่ประกอบด้วยหลอดชนิดปล่อยประจุ (Electric Discharge) (เช่น หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นต้น) อุปกรณ์เกี่ยวกับการประมวลผลข้อมูล (Data Processing) หรืออุปกรณ์อื่นที่มีลักษณะคล้ายกันที่ทำให้เกิดกระแสฮาร์โมนิก (Harmonic) ในตัวนำนิวทรัล

ตารางที่ 10 ดัชนีมาตรฐานแฟกเตอร์ของสายป้อนแสงสว่าง

ชนิดของอาคาร	ขนาดของไฟแสงสว่าง (VA)	ดัชนีมาตรฐานแฟกเตอร์ (%)
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 11 ดัชนีมาตรฐานแฟกเตอร์สำหรับโหลดของเต้ารับในสถานที่ไม่ใช่ที่อยู่อาศัย

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

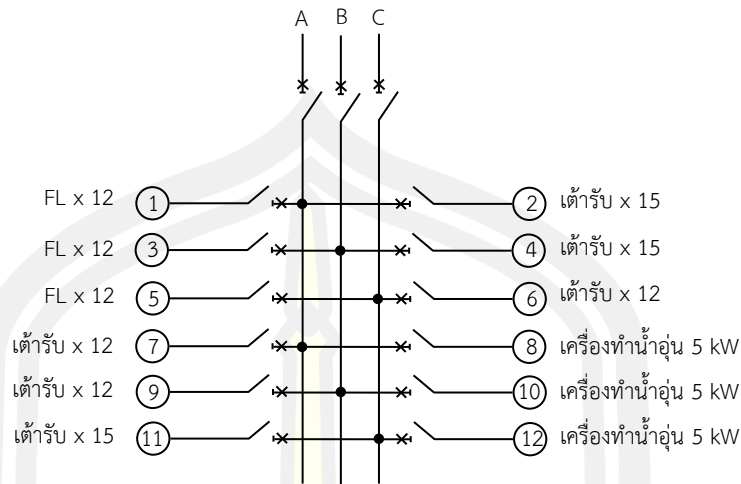
พหุ ประถมศึกษา

ตารางที่ 12 ตีมาตรฐานแฟกเตอร์สำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป

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

ตัวอย่างที่ 3.1

แผงสายป้อนแผงหนึ่งของอาคารสำนักงานแห่งหนึ่ง มีรายละเอียดโหลดตามที่แสดงในไดอะแกรม ต้องการกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์และสายไฟฟ้า โดยเลือกใช้สาย IEC 01 เติร์นร้อยท่อเกาะผนัง



ภาพประกอบ 2 Load schedule diagram ของตัวอย่างที่ 3.1

วิธีทำ

3.1.1 วงจรย่อย

วงจรย่อยที่ 1, 3 & 5 หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด $2 \times 40W$ บัลลาสต์ชนิด High power factor จำนวนวงจรละ 12 ชุด จากตารางที่ 5.1 คัดโหลดหลอดละ 60 VA หรือหลอดชุดละ $2 \times 60 VA = 120 VA$ หรือ $= 120/230 = 0.52 A$

พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกิน $\approx 1.25 \times$ โหลดของวงจรที่คำนวณได้

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $1.25 \times (0.52 \times 12) = 7.8 A$ เลือกใช้ 16A

สายไฟฟ้า IEC 01 เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) ตารางที่ 5-20 ได้สายขนาด 2.5 ตร.มม. (21A)

หมายเหตุ หรือดูจากตารางที่ 5.13 ที่เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 16A จะได้สายขนาด 2.5 ตร.มม. เช่นเดียวกัน และจะได้ขนาดสายดินและขนาดท่อร้อยสายด้วย

วงจรย่อยที่ 2, 4 และ 11 เต้ารับใช้งานทั่วไป (คัตโหลดละ 180 VA) วงจรละ 15 เต้ารับ

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $1.25 \times (180/230) \times 15 = 14.7 A$ เลือกใช้ 16A

สายไฟฟ้า IEC 01 เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) ตารางที่ 5-20 ได้สายขนาด 2.5 ตร.มม. (21A)

(หรือดูจากตาราง 17)

วงจรย่อยที่ 6, 7 และ 9 เต้ารับใช้งานทั่วไป (คัตโหลดชุดละ 180 VA) วงจรละ 12 ชุด

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $1.25 \times (180/230) \times 12 = 11.74 A$ เลือกใช้ 16A

สายไฟฟ้า IEC 01 เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) ตารางที่ 5-20 ได้สายขนาด 2.5 ตร.มม. (21A)

วงจรย่อยที่ 8, 10 และ 12 เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 5 kW (5,000W) วงจรละ 1 ชุด

เซอร์กิตเบรกเกอร์ = $1.25 \times (5,000/230) = 27.2 A$ เลือกใช้ 32A

สายไฟฟ้า IEC 01 เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) ตารางที่ 5-20 ได้สายขนาด 6 ตร.มม. (36A)

3.1.2 สายป้อน

$$3.1.2.1 \text{ โหลดแสงสว่างวงจรที่ 1, 3 และ 5 รวม} = 0.52 \times 12 \times 3 \times 230 \text{ VA}$$

$$= 4,305.6 \text{ VA} \approx 4.3 \text{ kVA}$$

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตามตาราง 10 อาคารสำนักงาน (จัดเป็นอาคารประเภทอื่น) = 100% ดังนั้นโหลดเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 4.3 kVA

$$3.1.2.2 \text{ โหลดเต้ารับวงจรที่ 2, 4, 6, 7, 9 และ 11}$$

$$= (180 \text{ VA}) \times (15 + 15 + 12 + 12 + 12 + 15) / 1,000 = 14.58 \text{ kVA}$$

ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.7 ส่วนที่เกิน 10 kVA คิด 50% จะได้

$$= 10 + (4.58 \times 0.5) = 12.29 \text{ kVA}$$

3.1.2.3 เครื่องทำน้ำอุ่นขนาด 5 kW ดีมานด์แฟกเตอร์ ตารางที่ 5.8 คิด 100% ของสองตัวแรกที่ใหญ่ที่สุด + 25% ของตัวที่เหลือทั้งหมด

$$= 5 + 5 + (5 \times 0.25) = 11.25 \text{ kVA}$$

$$\text{รวมโหลด} = 4.3 + 12.29 + 11.25 = 27.84 \text{ kVA}$$

สายป้อนเป็นวงจร 3 เฟส

$$\text{เซอร์กิตเบรกเกอร์} = 1.25 \times (27.84 \times 1,000) / (\sqrt{3} \times 400) = 50.23 \text{ A}$$

ใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 50A 3P

สายไฟฟ้า IEC 01 เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) ตาราง 24 ช่องตัวนำกระแส 3 เส้นได้สายขนาด 16 ตร.มม. (59A) (หรือดูจากตาราง 19)

หมายเหตุ

- 1) แรงดันที่ใช้ในการคำนวณโหลด จะใช้เป็นแรงดันของระบบไฟฟ้าคือ 230/400V
- 2) ในข้อนี้วงจรสายป้อนเป็น 3 เฟส เซอร์กิตเบรกเกอร์ของสายป้อนจึงคำนวณแบบ 3 เฟส และสายไฟฟ้าเดินร้อยท่อก็ใช้ช่องขนาดกระแสของวงจร 3 เฟส
- 3) กรณีที่โหลดในแต่ละเฟสต่างกันมาก (Unbalanced Load) การกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ควรคำนวณเป็นแบบ 1 เฟส โดยคิดที่ละเฟสและเลือกเฟสที่มีโหลดสูงสุดมากำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ และขนาดกระแสของสายป้อนไม่ต่ำกว่าขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์โดยใช้ช่องขนาดกระแสของวงจร 3 เฟส

3.1.3 เมนสวิตช์และสายเมน

เมนสวิตช์ หรือบริภัณฑ์ประธาน คืออุปกรณ์ไฟฟ้าที่ทำหน้าที่สับ-ปลดวงจร ไฟฟ้าของทั้งอาคาร และทำหน้าที่ตัดกระแสเกินด้วย ประกอบด้วยเครื่องปลดวงจรและเครื่องป้องกันกระแสเกิน (กรณีเป็นเซอร์กิตเบรกเกอร์จะเป็นตัวเดียวกัน)

สายเมน หรือสายประธาน คือสายไฟฟ้าที่ทำหน้าที่จ่ายไฟให้เมนสวิตช์หรือบริภัณฑ์ประธานเนื่องจากสายเมนและแผงเมนทำหน้าที่จ่ายไฟให้ทั้งอาคาร จึงต้องมีขนาดใหญ่พอที่จ่ายโหลดได้ทั้งอาคาร โหลดรวมของอาคารได้จากการรวมโหลดทั้งหมดในอาคารโดยใช้ค่าดีมานด์แฟกเตอร์ได้เช่นเดียวกับของสายป้อน (ตารางเดียวกันกับสายป้อน)

การใช้ไฟฟ้าแรงต่ำ การไฟฟ้าฯ จะกำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าและพิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินไว้เป็นมาตรฐานแล้วตามโหลดสูงสุดที่คำนวณได้ ตามตาราง 13 และ 14

กรณีโหลดที่คำนวณได้มากกว่าโหลดสูงสุดของเครื่องวัดขนาดใหญ่สุด ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องติดหม้อแปลงไฟฟ้าตามขนาดโหลดที่คำนวณได้ (ดูรายละเอียดเพิ่มเติมเรื่องหม้อแปลงไฟฟ้า)

ตารางที่ 13 พิกัดสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินและโหลดสูงสุดตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้านครหลวง)

ขนาดเครื่องวัดฯ (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 1. อ้างอิงมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ ตารางที่ 3-4

ที่มา: วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2556)

2. พิกัดของเครื่องป้องกันกระแสเกิน มีค่าต่ำกว่าที่กำหนดในตารางได้แต่ต้องไม่น้อยกว่า 1.25 เท่าของโหลดที่คำนวณได้ โดยตัวอย่างขนาดสายไฟฟ้า เซฟตี้สวิตช์ คัทเอาต์ และคาร์ทริดจ์

ฟิวส์ตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค) สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ขนาดสายไฟฟ้า เซพตี้สวิตช์ คัตเอาต์ และคาร์ทริดจ์ฟิวส์ตามขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำ (สำหรับการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค)

ขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (A)	โหนดสูงสุด (A)	ขนาดตัวนำประธาน		เมนสวิตช์				
		เล็กสุดที่ใช้ได้ (ตร.มม.)		เซพตี้สวิตช์หรือโหนดเบรกสวิตช์		คัตเอาต์ใช้ร่วมกับคาร์ทริดจ์ฟิวส์		เซอร์กิตเบรกเกอร์
		สายอะลูมิเนียม	สายทองแดง	ขนาดสวิตช์ต่ำสุด (A)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (A)	ขนาดคัตเอาต์ต่ำสุด (A)	ขนาดฟิวส์สูงสุด (A)	ขนาดปรับตั้งสูงสุด (A)
5 (15)	12	10	4	30	15	20	16	15-16
15 (45)	36	25	10	60	40-50	-	-	40-50
30 (100)	80	50	35	100	100	-	-	100



ตารางที่ 15 ขนาดแนะนำของสายเมนและสายต่อหลักดินตามขนาดเครื่องวัด (สำหรับ กฟน.)

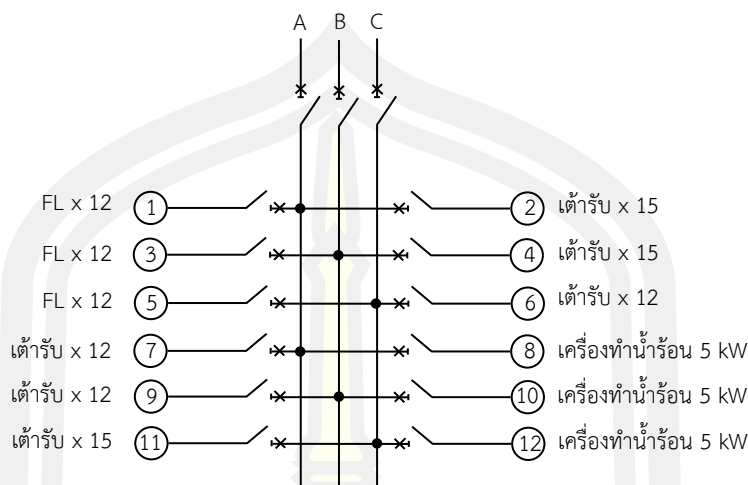
ขนาด เครื่องวัดฯ (A)	ขนาดเครื่อง ป้องกันกระแส เกิน (A)	สายเมนเดินในอากาศ (ตร.มม.)		สายเมนเดินร้อยท่อฝัง ดิน (ตร.มม.)	
		สายเมน	สายต่อหลักดิน	สายเมน	สายต่อหลัก ดิน
5(15)	16	4	10	10	10
15(45)	32	6	10	10	10
	50	10	10	10	10
30(100)	63	16	10	16	10
	80	25	10	25(16)	10
	100	25	10	35(25)	10
50(150)	125	35	10	50(35)	16(10)
200	160	50	16	70	25
	200	70	25	95	25
	250	95	25	150	35
400	300	120	35	185	35
	400	185	35	300	50
	500	300	50	500	70

หมายเหตุ 1. แหล่งที่มา: หนังสือการออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ตามมาตรฐานของการไฟฟ้า
พิมพ์ครั้งที่ 36, ตารางที่ 5.8, โดย ลือชัย ทองนิล

2. ใช้ได้กับทั้งเครื่องวัด 1 เฟส และ 3 เฟส สำหรับตัวเลขในวงเล็บหมายถึงขนาดสาย
ของเครื่องวัด 1 เฟส

ตัวอย่างที่ 3.2

จากตัวอย่างที่ 3.1 สมมติให้แผงดังกล่าวเป็นแผงเมนคำนวณโหลดรวมโดยใช้ดีมานด์
แฟกเตอร์แล้วได้เท่ากับ 27.84 kVA ต้องการกำหนดขนาดเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้า (การไฟฟ้านครหลวง)



ภาพประกอบ 3 Load Schedule Diagram ของตัวอย่างที่ 3.2

วิธีทำ

โหลรวมเมื่อใช้ดีมานด์แฟกเตอร์แล้ว = 27.84 kVA

กระแสโหลต = $27.84 \times 1,000 / (\sqrt{3} \times 400) = 40.1 \text{ A}$

ตาราง 13 ได้เครื่องวัดขนาด 30(100)A 3 เฟส พิกัดเครื่องป้องกันกระแสเกินสูงสุดไม่เกิน 100A ถ้าเลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 80A ใช้สายไฟฟ้า IEC 01 เดินลอยในอากาศจะได้สายขนาด 25 ตร.มม. (ดูตาราง 15) (สายเดินแนวตั้ง) จะได้สายขนาด 25 ตร.มม. (113A)

กรณีที่เปลี่ยนเป็นสาย NYY แขนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน ขนาดสายจะดูจากตารางที่ 5-23 (ภาคผนวก A) จะได้สายขนาด 25 ตร.มม. (94A) (หรือจากตาราง 15)

3.2.1 แรงดันตก

มาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าฯ กำหนดค่าแรงดันตกในระบบแรงต่ำไว้ไม่เกิน 5% คิดจากเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าแรงต่ำจนถึงจุดใช้ไปจุดสุดท้าย (จุดที่คาดว่าแรงดันตกมากที่สุด) กรณีตั้งหม้อแปลงไฟฟ้า แรงดันตกคิดจากเมสวิตซ์แรงต่ำจนถึงจุดใช้ไฟจุดสุดท้าย การคำนวณแรงดันตกเป็นไปตามภาคผนวก B

3.2.2 ตารางขนาดสายไฟฟ้า สายดิน และท่อร้อยสาย

ตาราง 17 ถึงตาราง 25 ทำขึ้นเพื่อความสะดวกในการทำงาน ใช้ได้ทั้งกับวงจรย่อย สายป้อน และสายเมน การใช้ตารางจะต้องคำนวณโหลตและกำหนดขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ให้ได้ก่อน จากนั้นจึงเลือกตารางโดยมีขั้นตอนดังนี้

3.2.2.1 กำหนดวิธีการเดินสายคือ ร้อยท่อในอากาศ (กลุ่ม 2) ร้อยท่อฝังดิน (กลุ่ม 5) หรือรางเดินสาย

3.2.2.2 กำหนดวงจรไฟฟ้าว่าเป็น 1 เฟส หรือ 3 เฟส

3.2.2.3 กำหนดชนิดของสายไฟฟ้าว่าฉนวนเป็น PVC หรือ XLPE

จากตาราง 16 จะได้ตารางที่ต้องการ ซึ่งจะได้ขนาดสายไฟฟ้า สายดิน พร้อมขนาดท่อร้อยสายด้วย และมีเงื่อนไขเพิ่มเติมคือ

3.2.2.4 สายเดินร้อยท่อในอากาศ กำหนดที่อุณหภูมิโดยรอบ 40°C และการเดินร้อยท่อฝังดินกำหนดที่อุณหภูมิโดยรอบ 30°C ซึ่งตรงที่กำหนดในตารางขนาดกระแสของสายไฟฟ้า กรณีที่อุณหภูมิโดยรอบเปลี่ยนไป อาจต้องกำหนดขนาดสายไฟฟ้าใหม่

3.2.2.5 สายร้อยท่อทั้งในอากาศและฝังดิน คิดจำนวนสายไฟฟ้าต่อละ 1 วงจร กรณีเดินสายมากกว่าท่อละ 1 วงจร ต้องกำหนดขนาดสายไฟฟ้าใหม่

3.2.2.6 ในรางเดินสาย จำนวนสายไฟฟ้านับเส้นที่มีกระแสไหลไม่เกิน 30 เส้น

ตารางที่ 16 การเลือกใช้ตารางขนาดสายไฟฟ้า สายดิน และท่อร้อยสาย

ชนิดของสายไฟฟ้า	ตารางตามวิธีการเดินสาย				
	ร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2)		ร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5)		รางเดินสาย
	1 เฟส	3 เฟส	1 เฟส	3 เฟส	
สาย PVC	ตาราง 17	ตาราง 19	ตาราง 21	ตาราง 23	ตาราง 25
สาย XLPE	ตาราง 18	ตาราง 20	ตาราง 22	ตาราง 24	

ตัวอย่างที่ 3.3

วงจรย่อย 1 เฟส วงจรหนึ่งค่านวมโหลดได้ 25A เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 32A เลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด NYY แกนเดี่ยวเดินร้อยท่อเกาะผนัง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า ขนาดสายดิน และขนาดท่อร้อยสาย

วิธีทำ

3.3.1 วิธีการเดินสายคือร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)

3.3.2 วงจรไฟฟ้าคือวงจร 1 เฟส 2 สาย

3.3.3 ชนิดของสายไฟฟ้า สาย PVC แกนเดี่ยว

จากตาราง 16 ได้ตาราง 17 ที่ CB ขนาด 32A ได้ขนาดสายวงจร 6 ตร.มม. ขนาดสายดิน 4 ตร.มม. ท่อร้อยสายขนาด 32 มม.

ตัวอย่างที่ 3.4 สายป้อน 3 เฟส 4 สาย วงจรหนึ่งคำนวณโหลดได้ 80A เลือกใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ขนาด 100A เลือกใช้สายไฟฟ้าชนิด IEC 01 เดินร้อยท่อเกาะผนัง ต้องการกำหนดขนาดสายไฟฟ้า ขนาดสายดิน และขนาดท่อร้อยสาย

วิธีทำ

3.4.1 วิธีการเดินสายคือร้อยท่อในอากาศ

3.4.2 วงจรไฟฟ้าคือวงจร 3 เฟส 4 สาย

3.4.3 ชนิดของสายไฟฟ้า สาย PVC แกนเดียว

จากตารางที่ 5.12 ได้ตารางที่ 5.15 ที่ CB ขนาด 100A ได้ขนาดสายวงจร 50 ตร.มม. ขนาดสายดิน 10 ตร.มม. ท่อร้อยสายขนาด 50 มม.

4. สายเดินร้อยท่อในอากาศ (กลุ่มที่ 2)

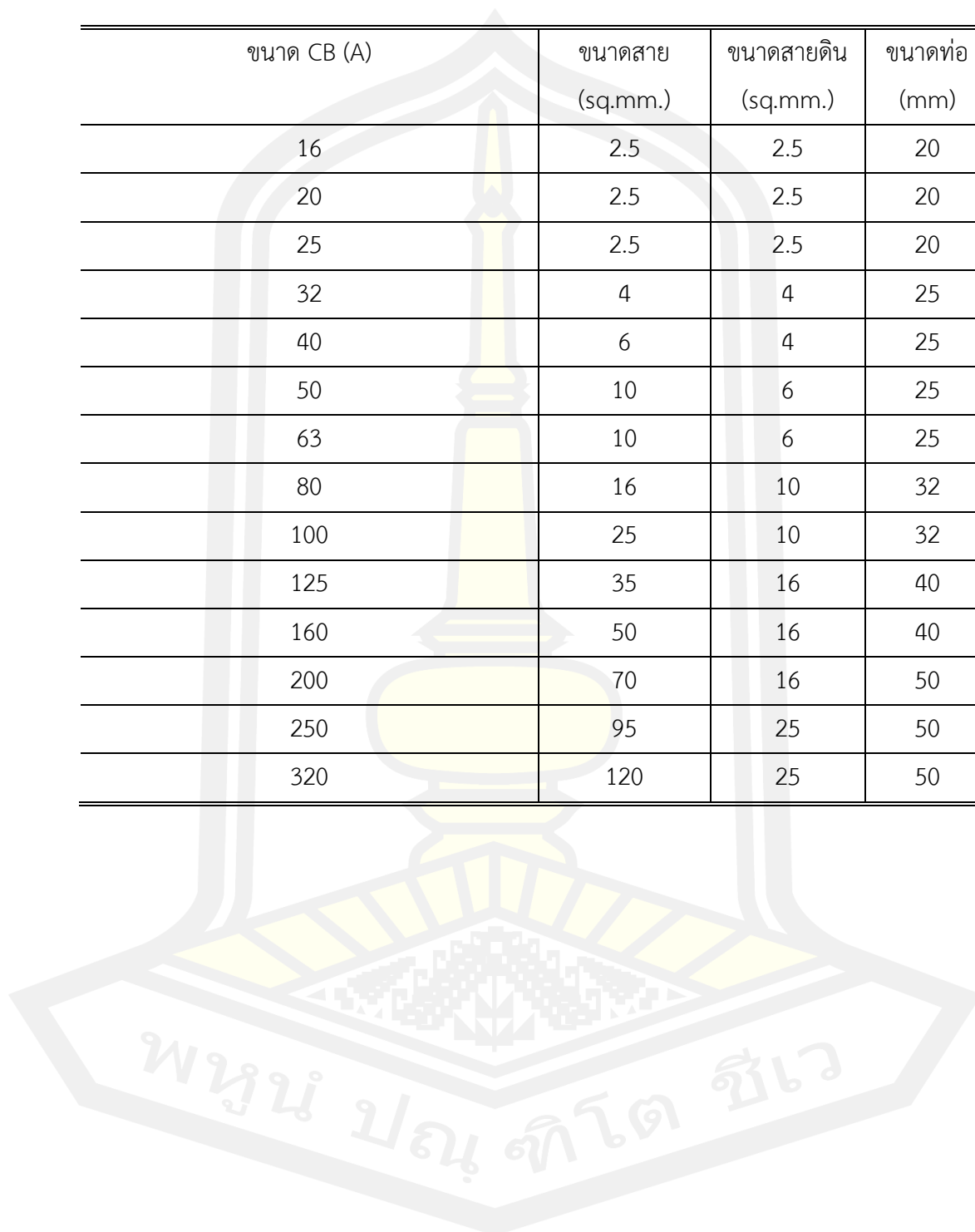
4.1 วงจร 1 เฟส 2 สาย

ตารางที่ 17 สายไฟฟ้า PVC แกนเดียว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)		ขนาดท่อ (mm)	
	สายวงจร	สายดิน	สาย IEC 01	สาย NYY แกนเดียว
16	2.5	2.5	15	32
20	2.5	2.5	15	32
25	4	4	15	32
32	6	4	15	32
40	10	4	20	40
50	10	6	20	40
63	16	6	25	40
80	25	10	32	40
100	35	10	32	50
125	50	16	40	50
160	70	16	40	65
200	95	16	50	65
250	150	25	65	65
320	240	25	65	80

ตารางที่ 18 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)	ขนาดสายดิน (sq.mm.)	ขนาดท่อ (mm)
16	2.5	2.5	20
20	2.5	2.5	20
25	2.5	2.5	20
32	4	4	25
40	6	4	25
50	10	6	25
63	10	6	25
80	16	10	32
100	25	10	32
125	35	16	40
160	50	16	40
200	70	16	50
250	95	25	50
320	120	25	50



4.2 วงจร 3 เฟส 4 สาย ตัวอย่างสายไฟฟ้า PVC แคนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจรสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 สายไฟฟ้า PVC แคนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)	ขนาดสายดิน (sq.mm.)	ขนาดท่อ (mm)	
			IEC 01	NYN แคน
16	2.5	2.5	15	40
20	4	2.5	20	40
25	6	4	20	40
32	10	4	25	50
40	10	4	25	50
50	16	6	32	50
63	25	6	32	65
80	35	10	40	65
100	50	10	50	65
125	70	16	50	65
160	95	16	65	80
200	120	16	65	80
250	185	25	80	100
320	300	25	100	125
400	400	25	125	125

ตารางที่ 20 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อ (กลุ่มที่ 2) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร

ขนาด CB	ขนาดสาย	ขนาดสายดิน	ขนาดท่อ
16	2.5	2.5	25
20	2.5	2.5	25
25	2.5	2.5	25
32	4	4	32
40	6	4	32
50	10	6	32
63	16	6	40
80	16	10	40
100	25	10	40
125	35	16	50
160	70	16	65
200	70	16	65
250	120	25	80
320	185	25	80
400	240	25	100

5. สายเดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5)

- 5.1 วงจร 1 เฟส 2 สาย ตัวอย่างสายไฟฟ้า NYY แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1 วงจร ดังแสดงในตารางที่ 21

พหุ ประถมศึกษา

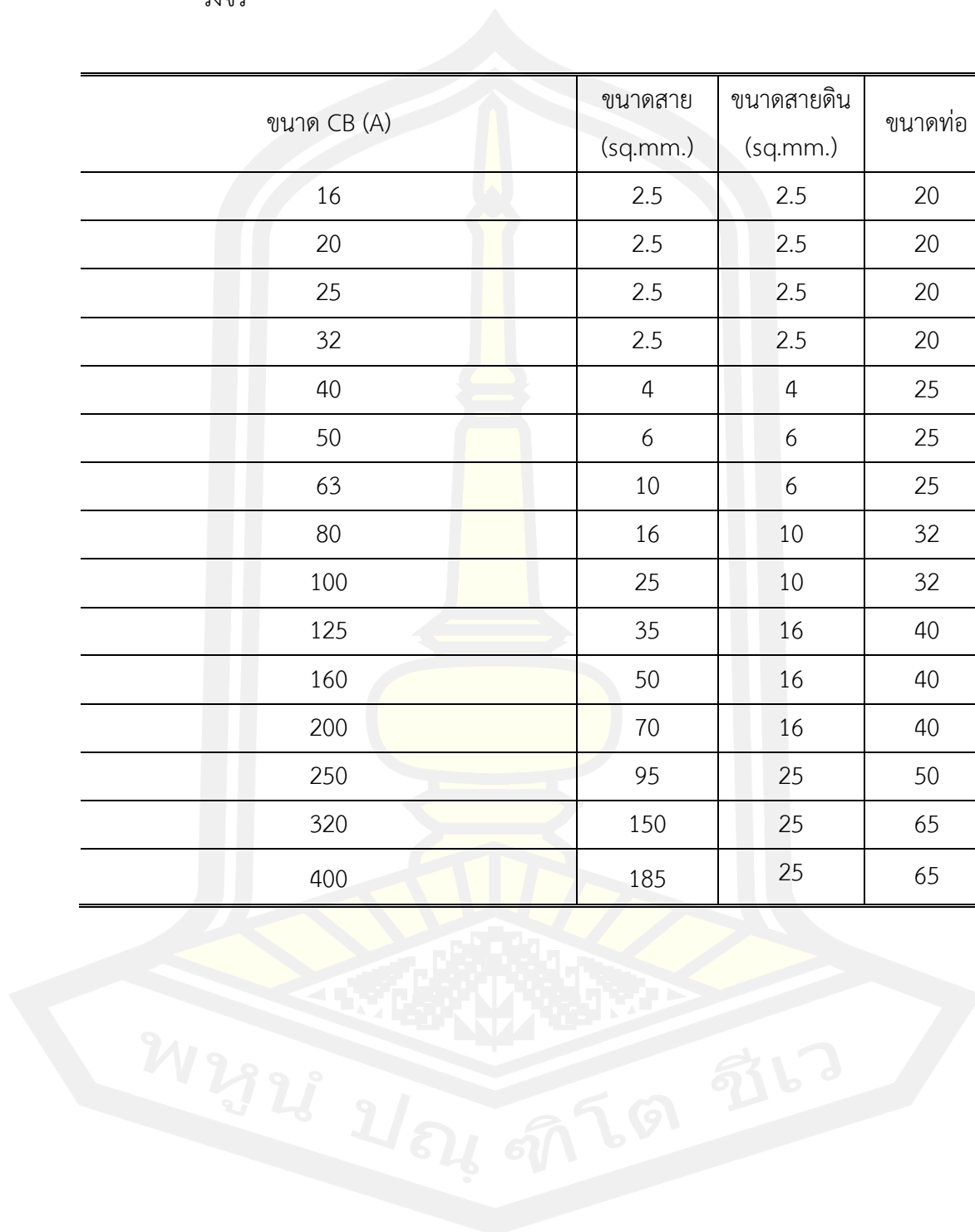
ตารางที่ 21 สายไฟฟ้า NYY แคนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1
วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)	ขนาดสายดิน (sq.mm.)	ขนาดท่อ (mm)
16	2.5	2.5	32
20	2.5	2.5	32
25	2.5	2.5	32
32	4	4	32
40	6	4	32
50	10	6	40
63	16	6	40
80	16	10	40
100	25	10	40
125	35	16	50
160	70	16	50
200	95	16	65
250	120	25	65
320	185	25	80
400	240	25	80



ตารางที่ 22 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 1 เฟส 2 สาย ท่อละ 1
วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)	ขนาดสายดิน (sq.mm.)	ขนาดท่อ
16	2.5	2.5	20
20	2.5	2.5	20
25	2.5	2.5	20
32	2.5	2.5	20
40	4	4	25
50	6	6	25
63	10	6	25
80	16	10	32
100	25	10	32
125	35	16	40
160	50	16	40
200	70	16	40
250	95	25	50
320	150	25	65
400	185	25	65



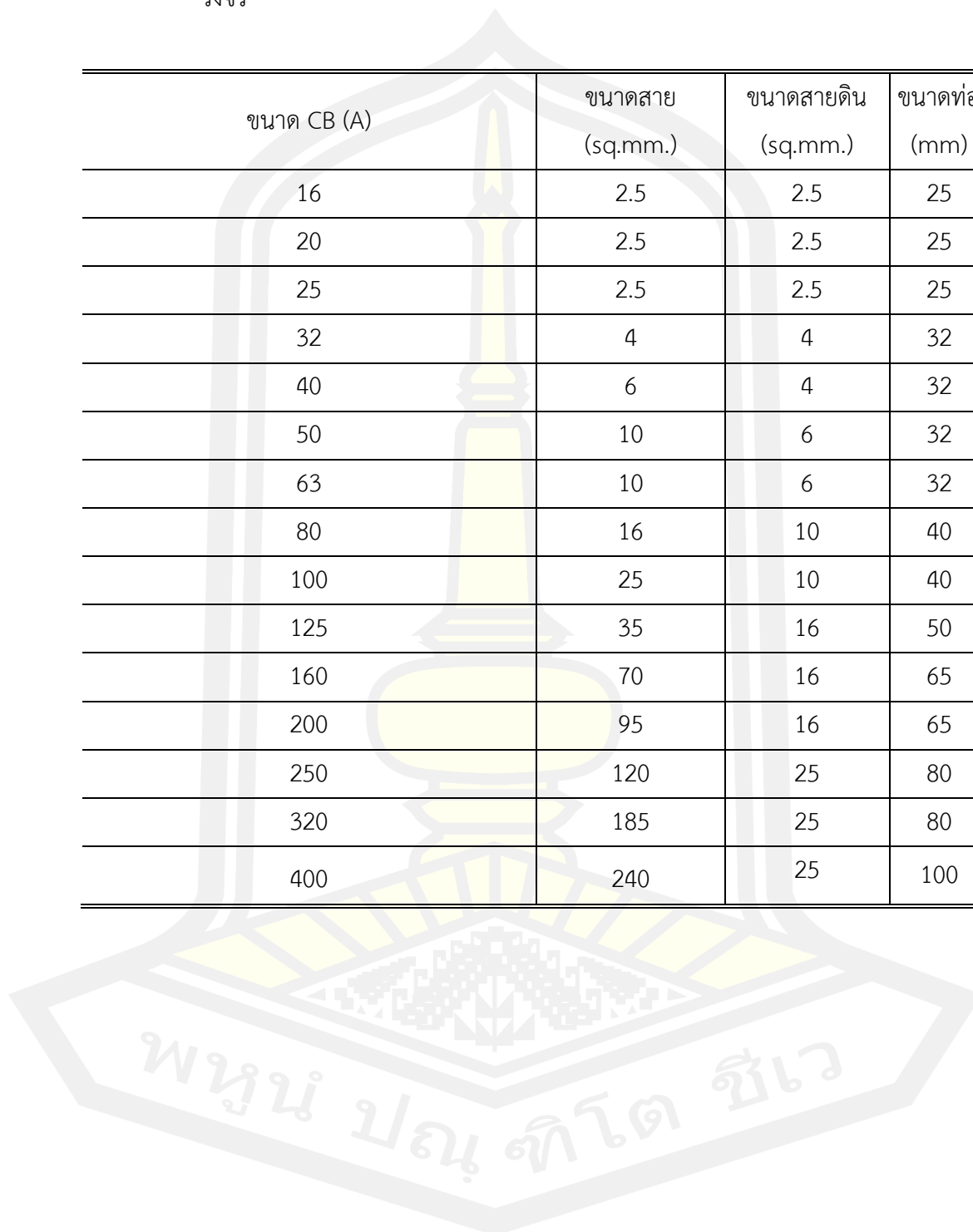
5.2 วงจร 3 เฟส 4 สาย ตัวอย่าง 23 สายไฟฟ้า NYY แคนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร ดังแสดงในตารางที่ 23

ตารางที่ 23 สายไฟฟ้า NYY แคนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1 วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)	ขนาดสายดิน (sq.mm.)	ขนาดท่อ
16	2.5	2.5	40
20	2.5	2.5	40
25	2.5	2.5	40
32	4	4	40
40	6	4	40
50	10	6	50
63	16	6	50
80	25	10	65
100	35	10	65
125	50	16	65
160	70	16	65
200	95	16	80
250	150	25	90
320	240	25	125
400	300	25	125

ตารางที่ 24 สายไฟฟ้า XLPE แกนเดี่ยว เดินร้อยท่อฝังดิน (กลุ่มที่ 5) วงจร 3 เฟส 4 สาย ท่อละ 1
วงจร

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)	ขนาดสายดิน (sq.mm.)	ขนาดท่อ (mm)
16	2.5	2.5	25
20	2.5	2.5	25
25	2.5	2.5	25
32	4	4	32
40	6	4	32
50	10	6	32
63	10	6	32
80	16	10	40
100	25	10	40
125	35	16	50
160	70	16	65
200	95	16	65
250	120	25	80
320	185	25	80
400	240	25	100



5.3 สายเดินในรางเดินสาย (Wireways) ซึ่งตัวอย่างขนาดสายไฟฟ้า PVC และ XLPE แกนเดียว เดินในรางเดินสาย วงจร 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 ขนาดสายไฟฟ้า PVC และ XLPE แกนเดียว เดินในรางเดินสาย วงจร 1 เฟส 2 สาย และ 3 เฟส 4 สาย

ขนาด CB (A)	ขนาดสาย (sq.mm.)		ขนาดสายดิน (sq.mm.)
	สาย PVC	สาย XLPE	
16	2.5	2.5	2.5
20	4	2.5	2.5
25	6	2.5	4
32	10	4	4
40	10	6	4
50	16	10	6
63	25	16	6
80	35	16	10
100	50	25	10
125	70	35	16
160	95	70	16
200	120	70	16
250	185	120	25
320	300	185	25
400	400	240	25

หมายเหตุ

- ขนาดกระแสของสายแกนเดียวในรางเดินสาย (Wireways) คัดจากตารางที่ 5-20 (ภาคผนวก A) สำหรับสาย PVC และ 5-27 สำหรับสาย XLPE (กลุ่มที่ 2) ช่องตัวนำกระแส 3 เส้น สายแกนเดียว และไม่ต้องใช้ตัวคูณลดกระแส ถ้าจำนวนตัวนำที่มีกระแสไหลรวมกันไม่เกิน 30 เส้น
- สายแกนเดียวของวงจรเดียวกันรวมทั้งสายดิน ต้องวางเป็นกลุ่มเดียวกันและมัดเข้าด้วยกัน

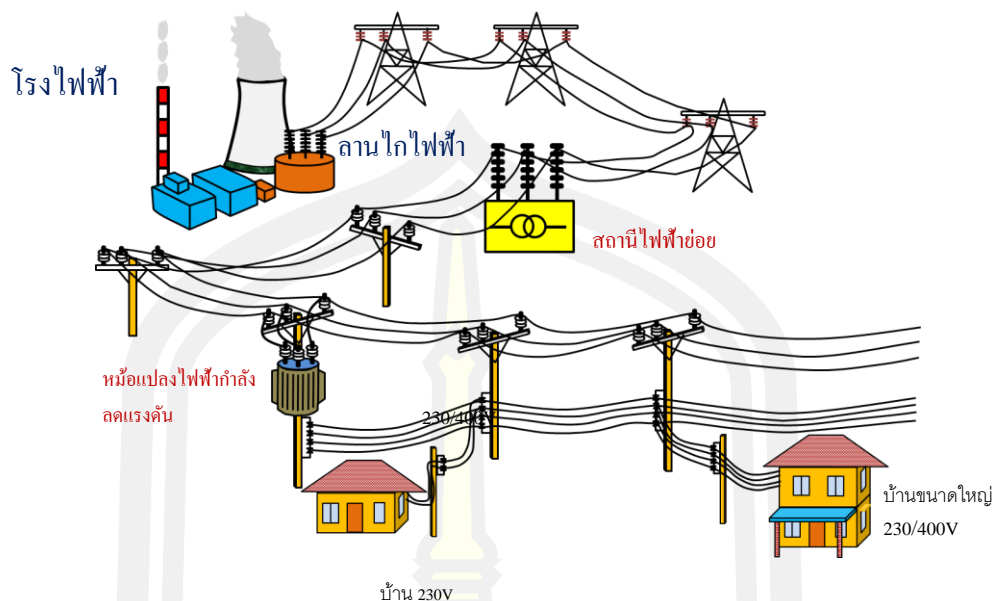
3. สาย PVC กับสาย XLPE ห้ามเดินรวมในรางเดินสายเดียวกัน
4. ขนาดสายของวงจรย่อยต้องไม่เล็กกว่า 2.5 ตร.มม.
5. ขนาดสายของวงจรสายป้อนต้องไม่เล็กกว่า 4 ตร.มม

หม้อแปลงไฟฟ้า

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) สภาวิศวกร (2559: หน้า 1-23)

1.1 ความรู้เบื้องต้นหม้อแปลงไฟฟ้า

ในการออกแบบ ควบคุมการติดตั้ง การอำนวยการใช้งาน ตรวจสอบ และทดสอบของระบบไฟฟ้ากำลัง ไม่ว่าจะเป็นส่วนของการผลิต การส่งและการจำหน่ายนั้น อุปกรณ์ที่มีบทบาทสำคัญอย่างหนึ่งก็คือหม้อแปลงไฟฟ้า หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้น หรือลดลงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการที่ความถี่เท่าเดิมซึ่งอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด และแกนเหล็ก โดยพลังงานไฟฟ้าจะถ่ายทอดจากขดลวดด้านจ่ายไฟเข้าหม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) หม้อแปลงไฟฟ้าในระบบไฟฟ้ามีอยู่หลายชนิด เช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง (Power Transformer) หม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) หม้อแปลงสำหรับเครื่องมือวัด (Instrument Transformer) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะหม้อแปลงที่ใช้ในระบบจำหน่ายไฟฟ้า ซึ่งก็คือหม้อแปลงจำหน่าย (Distribution Transformer) ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าจากระบบ แรงดันปานกลาง (Medium Voltage) แรงดันไม่เกิน 33 kV ไปเป็นระบบแรงดันต่ำ (Low Voltage) เพื่อใช้งาน มีขนาดพิกัดเป็น kVA ซึ่งจะแบ่งเป็นระบบ 1 เฟส 2 สาย 1 เฟส 3 สาย และระบบ 3 เฟส 4 สาย ซึ่งตัวอย่างแสดงการส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและโหนดในการจ่ายไฟของการไฟฟ้าฯ สามารถแสดงได้ภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 4 รูปแสดงการส่งและจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับผู้ใช้ไฟฟ้าระบบแรงดันและ โวลต์ในการจ่ายไฟของการไฟฟ้า

ตารางที่ 26 แรงดันระบบจำหน่าย

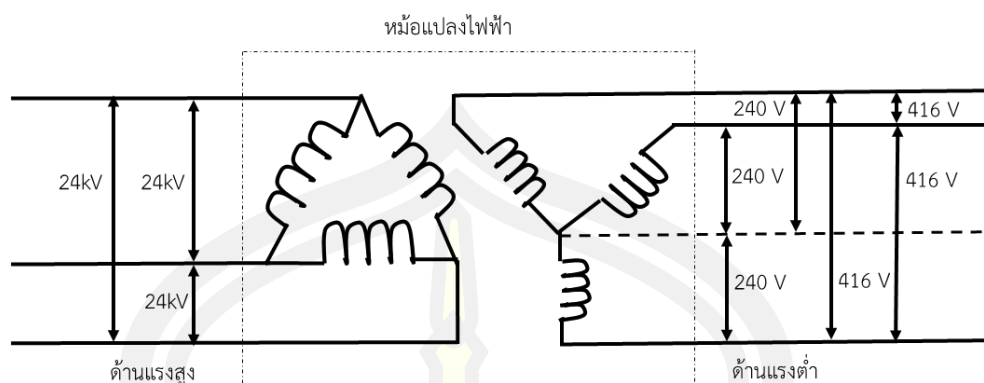
ระบบจำหน่าย	กฟน.(MEA)	กฟภ.(PEA)
ระบบแรงสูง	> 15000 kVA 69/115 kV 3 Ph 3W	> 10000 kVA 115 kV 3 Ph 3W
ระบบแรงกลาง	≥ 300 – 15000 kVA 12/24 kV 3Ph 3W	≥ 250 – 10000 kVA 22/33 kV 3Ph 3W
ระบบแรงต่ำ	< 300 kVA 240/416 V	< 250 kVA 230/400 V

1.2 การใช้ระบบจำหน่ายไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า

1.1.1 การไฟฟ้านครหลวง (Metropolitan Electricity Authority: MEA)

1.1.1.1 แรงดันระบบจำหน่าย 24 kV หรือ 12/24 kV และแรงดันใช้งาน 240/416 V, 3PH 3W

1.1.1.2 Tapping Range: - 4 x 2.5% (Off-Load Tap- Changer on HV Side)

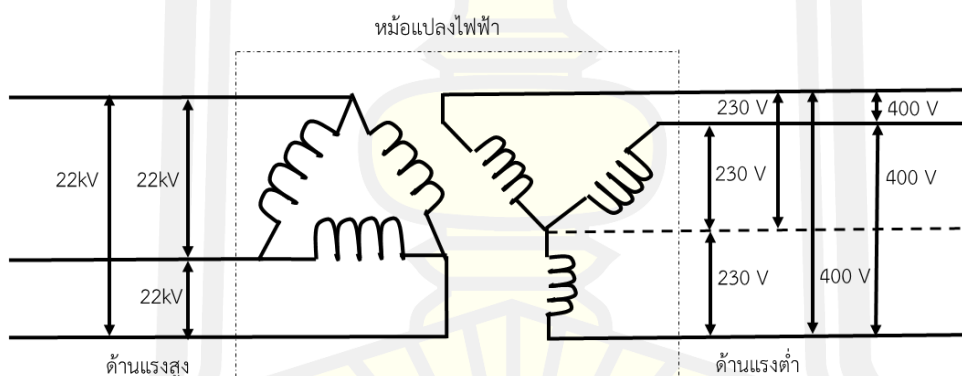


ภาพประกอบ 5 แรงดันระบบจำหน่ายของ MEA

1.2.2 การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (Provincial Electricity Authority: PEA)

1.2.2.1 แรงดันระบบจำหน่าย 22 kV หรือ 33 kV และแรงดันใช้งาน 230/400 V, 3 PH 3W

1.2.2.2 Tapping Range: $\pm 2 \times 2.5\%$ (Off-Load Tap Changer on HV Side)



ภาพประกอบ 6 แรงดันระบบจำหน่ายของ PEA

ปัจจุบัน ค่าตัวเลขแรงดันไฟฟ้าซึ่งเรียกว่า แรงดันที่ระบุ (Nominal Voltage) ตามมาตรฐานการติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของ วสท. ให้มีค่าแรงดันไฟฟ้าระบุเพียงค่าเดียว เช่นแรงดันไฟฟ้า 220/380 V และ 240/416 V ให้เหลือเพียงค่าเดียวคือ 230/400V เป็นต้นสำหรับประเทศไทย ระบบไฟฟ้าแรงต่ำ ชนิด 3 เฟส 4 สาย กำหนดเป็น 230/400 V และตามมาตรฐาน IEC จะใช้ค่าตัวเลขต่ำตามด้วยค่าตัวเลขสูง

1.2.3 มาตรฐานหม้อแปลงไฟฟ้า

1.2.3.1 มอก. 384-2543 / TIS 384-2000

1.2.3.2 IEC60076 Power Transformer

1.2.3.2.1 IEC60076-1,2011 Part 1: General

1.2.3.2.2 IEC60076-2,2011 Part 2: Temperature Rise

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

Tests

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

1.2.3.2.5 IEC60076-5,2006 Part 5: Withstand Short Circuit

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

1.2.3.3 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 แบบคือ

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) เป็นหม้อแปลง ที่ใช้น้ำมันหม้อแปลงเป็นฉนวนและเป็นตัวระบายความร้อนด้วย ซึ่งน้ำมันหม้อแปลงมีคุณสมบัติในการเป็นฉนวนไฟฟ้าที่ดี ราคาถูก การบำรุงรักษาไม่ยุ่งยาก นิยมใช้กับงานภายนอกอาคาร ถ้านำมาติดตั้งภายในอาคารต้องติดตั้งในห้องหม้อแปลง เนื่องจากน้ำมันสามารถติดไฟได้ โดยมีจุดติดไฟ (Fire Point) ที่ 165°C หม้อแปลงน้ำมันยังแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1 แบบมีถังพัก (Open Type with Conservator) เป็นหม้อแปลงในระบบจำหน่ายชนิดดั้งเดิมซึ่งนิยมใช้มานาน ระบายความร้อนด้วยน้ำมันและมีท่อให้อากาศผ่านเข้าออกได้ นอกจากนี้ยังมีสารซิลิกาเจล (Silica Gel) สีฟ้าใสเป็นตัวช่วยดูดความชื้น และเป็นตัวบ่งบอกความเป็นฉนวนของน้ำมันหม้อแปลงไฟฟ้า

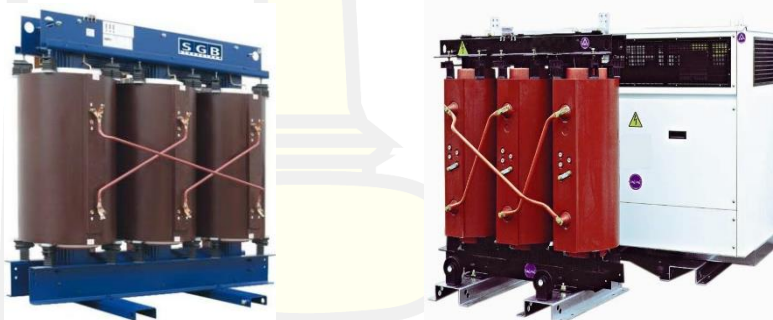
2 แบบที่มีตัวถังปิดผนึก (Hermetically Sealed Tank) ในปัจจุบันได้มีการใช้หม้อแปลงที่มีตัวถังปิดผนึกมากขึ้น เนื่องจากหม้อแปลงแบบนี้ไม่มีถังพัก ไม่ต้องมีซิลิกาเจล ไม่ต้องบำรุงรักษา จึงสามารถป้องกันความชื้นได้อย่างสมบูรณ์ และเพื่อรองรับการขยายตัวของน้ำมันขณะจ่ายโหลดหรือเกิดจากการลัดวงจร

1.2.4.1.2 หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวติดไฟยาก (Less Flammable Liquid Insulated Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ของเหลวที่ติดไฟยากเป็นฉนวนและระบายความร้อน โดยทั่วไปนิยมใช้สารซิลิโคน (Silicone) ซึ่งมีจุดติดไฟที่อุณหภูมิไม่ต่ำกว่า 300 C° ไม่เป็นพิษต่อบุคคล

และสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันมีใช้น้อยแต่มีความปลอดภัยสูงกว่าหม้อแปลงน้ำมัน และหม้อแปลงชนิดนี้ อนุญาตให้ติดตั้งภายในอาคารได้ตามข้อกำหนด

1.2.4.1.3 หม้อแปลงชนิดฉนวนของเหลวไม่ติดไฟ (Non-Flammable Fluid - Insulated Transformer) เป็นหม้อแปลงที่มีการใช้งานน้อยมากและมีราคาแพงเพราะต้อง ระมัดระวังการนำฉนวนไม่ติดไฟมาใช้เนื่องจากอาจเป็นพิษต่อบุคคลได้

1.2.4.2 หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) เป็นหม้อแปลงที่ใช้ฉนวนเป็น ของแข็งนิยมใช้ติดตั้งภายในอาคาร มีความปลอดภัยจากการเกิดเพลิงไหม้สูง เนื่องจากหากหม้อแปลง เกิดระเบิดขึ้นจะไม่มีส่วนที่ติดไฟ หม้อแปลงชนิดนี้มีทั้งชนิดที่เป็นฉนวนเรซินแห้ง (Cast Resin) และ ฉนวนอากาศ (Air Cooled) แต่ที่นิยมใช้กันมากคือหม้อแปลง Cast Resin ซึ่งเป็นหม้อแปลงที่มี ระหว่างขดลวดอัดด้วย Cast Resin Reinforced Glass Fiber ซึ่ง Resin มีคุณสมบัติติดไฟได้ที่ อุณหภูมิสูงถึง 350 °C ทำให้หม้อแปลงชนิดนี้ติดไฟยาก ฉนวน Resin ต้องไม่เป็นพิษต่อคนและ สิ่งแวดล้อม รวมถึงต้องอยู่ในสิ่งห่อหุ้ม (Enclosure) ด้วย

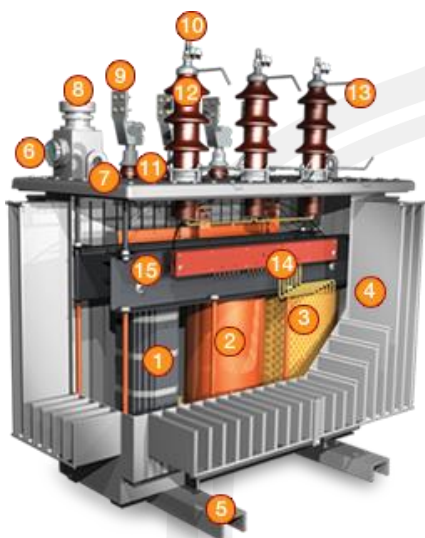


ภาพประกอบ 7 รูปแสดง หม้อแปลงชนิดแห้ง (Dry-type Transformer) และสิ่งห่อหุ้ม

1.2.5 ส่วนประกอบของหม้อแปลง

1.2.5.1 ส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมัน มีดังนี้

พหุ ประ โท ชีวะ



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

ภาพประกอบ 8 รูปแสดง ตัวอย่างส่วนประกอบของหม้อแปลงน้ำมันแบบ Corrugated Tank

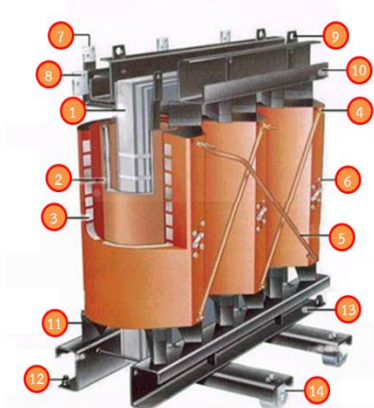
1.2.5.2 อุปกรณ์ประกอบหม้อแปลง

1) ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ป้องกันระบบหรืออุปกรณ์ไฟฟ้า จากภาวะการลัดวงจร (Short Circuit) หรือกระแสเกิน (Over Load) จะมีทั้งฟิวส์ด้านแรงสูง (ติดตั้งด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง) และฟิวส์ด้านแรงต่ำ (ติดตั้งด้านทุติยภูมิของหม้อแปลง) ขนาดฟิวส์แรงสูงตามมาตรฐาน EEI-NEMA ที่ 1, 2, 3, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 140 และ 200 A

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

1.2.5.3 ส่วนประกอบของหม้อแปลงแห้ง

พหุบัณฑิต ชีวะ



1. Core (แกนเหล็กหม้อแปลง)
2. Low Voltage Winding (ขดลวดแรงต่ำ)
3. High Voltage Winding (ขดลวดแรงสูง)
4. High Voltage Terminal (ขั้วแรงสูง)
5. High Voltage Delta Connection (บาร์ต่อวงจรเดลต้าด้านขดลวด)
6. High Voltage Tapping (อุปกรณ์ปรับแก้ที่ขณะไม่จ่ายไฟด้านแรงสูง)
7. Low Voltage Terminal (ขั้วต่อสายแรงต่ำ)
8. Neutral Terminal (ขั้วต่อสายนิวทรัลด้านแรงต่ำ)
9. Lifting Eyes (หูยกหม้อแปลง)
10. Upper Yoke Clamp (เหล็กประกบด้านบน)
11. Spacer Block (ฉนวนรองรับขดลวด)
12. Earthing Terminal (ขั้วต่อสายดิน)
13. Lower Yoke Clamp (เหล็กประกบกับแกนเหล็กด้านล่าง)
14. Roller Profile (ชุดล้อเลื่อน)

ภาพประกอบ 9 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) ซึ่งมันจะเปลี่ยนค่าความต้านทานตามอุณหภูมิ ตัวรับสัญญาณจะติดตั้งใกล้ขดลวดแรงต่ำมีจุดที่จะเกิดความร้อนสูงสุด ซึ่งตัวรับสัญญาณอาจจะมี 2 หรือ 3 ตัว ต่อเฟส และจะส่งสัญญาณไปยังรีเลย์ความร้อนให้ทำงาน เมื่ออุณหภูมิหม้อแปลงมีค่าสูงกว่าค่าที่ปรับตั้งไว้โดยแต่ละตัวจะมีหน้าที่ดังนี้

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



ภาพประกอบ 10 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) จะต้องออกแบบให้มีมิติเพื่อบังคับลมให้ผ่านตัวหม้อแปลง เครื่องห่อหุ้มในลักษณะนี้ใช้วิธีระบายความร้อนตามธรรมชาติ (Air Natural: AN) ได้ยาก ตัวหม้อแปลงจะร้อนมากๆ พัดลมที่ติดตั้งต้องมีขนาดใหญ่และทำงานบ่อย



ภาพประกอบ 11 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านบน

1.2.5.7.2 แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง (Cross Flow Fan: CFF) การติดตั้งพัดลมแบบ CFF พัดลมจะเป่าลมจากด้านล่างผ่านช่องอากาศ (Air Ducts) ระหว่างขดลวดแรงสูงและแรงต่ำและผ่านขดลวดด้านนอก ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนจะดีเครื่องห่อหุ้มนี้สามารถทำให้มีช่องระบายอากาศได้ หม้อแปลงจึงสามารถจ่ายโหลดแบบระบายความร้อนตามธรรมชาติ AN ได้เต็ม พิกัดพัดลมจะทำงานในช่วงการทำงานเกินโหลดหม้อแปลงเท่านั้น พัดลมจึงมีขนาดเล็กและช่วงเวลาทำงานน้อย ในปัจจุบันการติดตั้งพัดลมแบบ CFF ได้รับความนิยมมากกว่าเพราะมีเหตุผลทางเทคนิคที่ดีกว่าแบบ CMF



ภาพประกอบ 12 รูปแสดง แบบติดตั้งพัดลมไว้ด้านล่าง

1.2.6 ข้อมูลหม้อแปลงไฟฟ้า

1.2.6.1 หม้อแปลงน้ำมัน (Hermetically Sealed) 3 เฟส แรงดัน 12-24

kV/230- 400V

ตารางที่ 27 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส แรงดัน 12-24 kV / 230-400V

หม้อ แปลง (kVA)	No- load Loss (W)	Load Loss at 75C (W)	Total Losses at 75C (w)	Impedan ce at 75 °C (%)	ขนาด(มิติ) หม้อแปลง			Oil qty. (Litre)	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

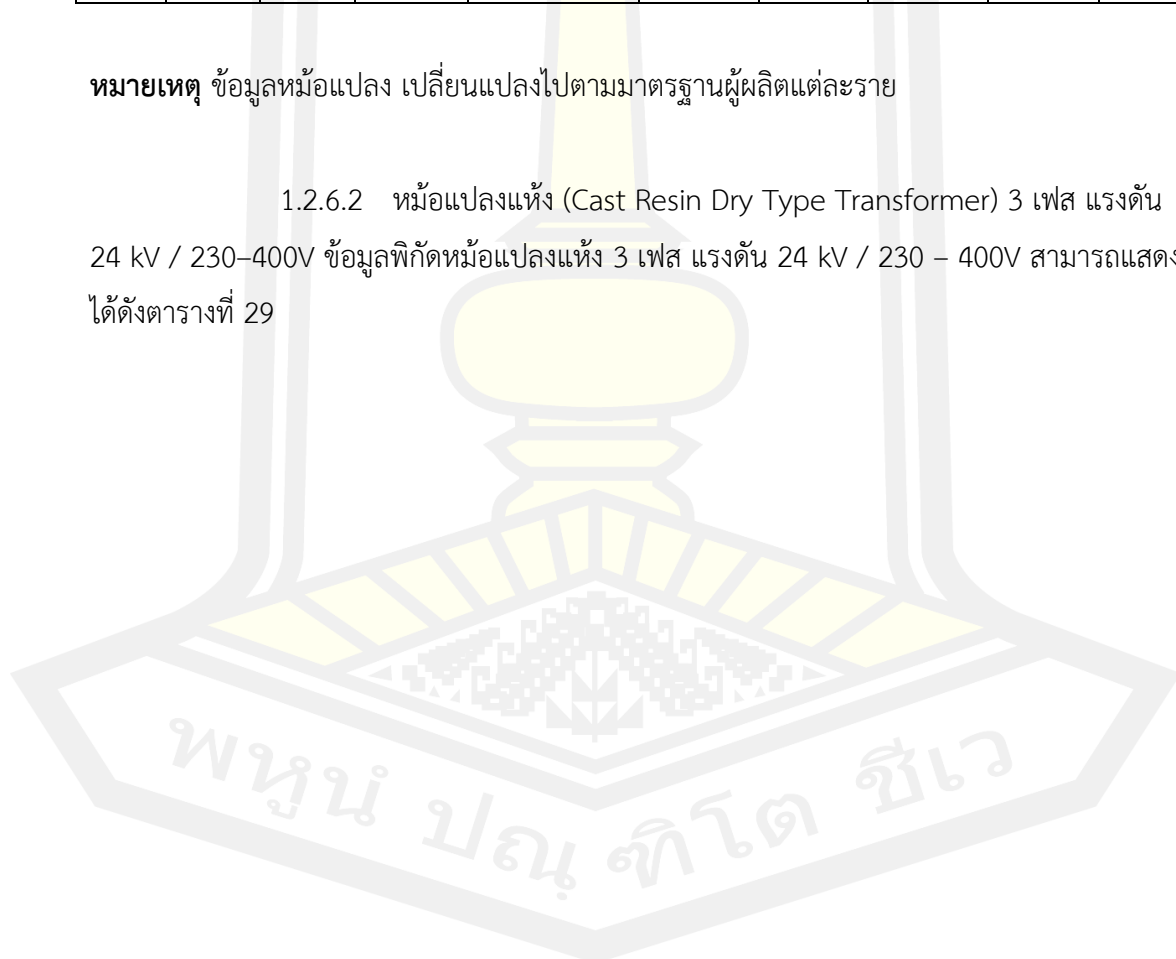
1.2.6.2 หม้อแปลงน้ำมัน 1เฟส แรงดัน 12 - 24 kV / 230V ซึ่งพิกัดหม้อแปลง
น้ำมัน1เฟส แรงดัน 12 - 24 kV / 230V ดังแสดงในตารางที่ 28

ตารางที่ 28 พิกัดหม้อแปลงน้ำมัน 1 เฟส แรงดัน 12 – 24 kV / 230V

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

1.2.6.2 หม้อแปลงแห้ง (Cast Resin Dry Type Transformer) 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230–400V ข้อมูลพิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230 – 400V สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 29



ตารางที่ 29 พิกัดหม้อแปลงแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230-400V

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75C (W)	Total Losses at 75C (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**
- ข้อมูลหม้อแปลง เปลี่ยนแปลงไปตามมาตรฐานผู้ผลิตแต่ละราย
 - 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 30

ตารางที่ 30 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 แท็ปเซนเจอร์ (Tap Changer) เป็นอุปกรณ์เปลี่ยนระดับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลง เพื่อรักษาระดับแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิ ให้คงที่ หรือเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะงาน เช่น หม้อแปลงที่ใช้กับเตาหลอม เป็นต้น

1.2.7.5 การแท็ปแยกแรงดัน (Tapping) คือการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนแรงดันของหม้อแปลงได้ซึ่งจะคิดเป็นอัตราส่วนของแรงดันพิกัด (Rated Voltage) การปรับแท็ปแยกแรงดันนั้นต้องการให้แรงดันไฟฟ้าที่ออกจากหม้อแปลงสอดคล้องกับโหลดตามความต้องการ การเปลี่ยนแท็ปจะเปลี่ยนทางด้านขดลวดแรงสูง ซึ่งจะง่ายกว่าการเปลี่ยนแท็ป ด้านแรงต่ำ มาตรฐานแท็ป ของ กฟภ. $\pm 2 \times 2.5\%$ ตัวอย่างข้อมูลการแท็ปแยกแรงดันดังที่แสดงในตารางที่ 31 และมาตรฐานแท็ป ของ กฟน. $-4 \times 2.5\%$ ดังที่แสดงในตารางที่ 32

ตารางที่ 31 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 32 การแก้แยกแรงดันของ กพน.

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) คือค่าแรงดันที่ต้องการด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิที่ทำให้กระแสฟัดไหลผ่านในขณะที่ขดลวดด้านแรงต่ำหรือทุติยภูมิลดลงจร โดยปกติจะระบุเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าแรงดันฟัด (Rated Voltage) เช่น หม้อแปลงที่มีแรงดันไฟฟ้าอิมพีแดนซ์ 4% ก็คือถ้าเกิดลัดวงจรด้านแรงต่ำหรือทุติยภูมิของหม้อแปลงแล้วป้อนแรงดันไฟฟ้าทางด้านแรงสูงหรือปฐมภูมิ 4% ของแรงดันไฟฟ้าฟัด (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 เวกเตอร์กรุป (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

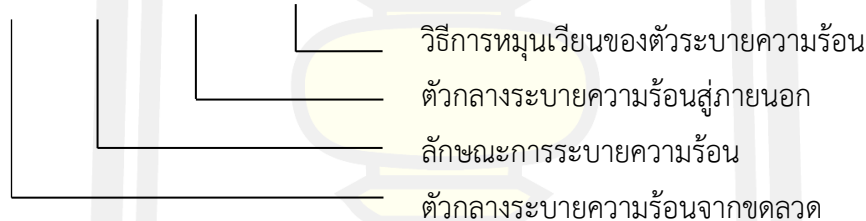
1.2.7.8 การระบายความร้อนของหม้อแปลงความร้อนที่เกิดจากการใช้งานและค่าสูญเสียภายในหม้อแปลงจะทำให้หม้อแปลงมีอายุการใช้งานที่สั้นลงหรือหม้อแปลงอาจจะชำรุดได้จึงต้องมีการระบายความร้อนออกจากตัวหม้อแปลงและการระบายความร้อนที่ดีก็ทำให้หม้อแปลงสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้นด้วย การระบายความร้อนจากขดลวดมาที่ตัวถังจะอาศัยฉนวนหม้อแปลงเป็นตัวกลางระบาย การระบายความร้อนออกจากตัวหม้อแปลงสู่ภายนอกมีหลายวิธีและจะใช้สัญลักษณ์แสดงวิธีระบายความร้อนดังตารางที่ 33

ตารางที่ 33 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

O	N	A	N
---	---	---	---



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 I^2R หรือ $(kVA)^2$ ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss Transformer ทั้งการลด No Load Loss และ Load Loss เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อกับระบบไฟฟ้าตลอดเวลา

และใช้งานตลอดเวลา 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 หม้อแปลงทุกคู่ต้องผ่านการทดสอบประจำเพื่อให้แน่ใจว่าหม้อแปลงไม่มีการชำรุดเสียหาย ระหว่างการผลิตประกอบด้วย

1 การทดสอบอัตราส่วนของแรงดัน (Ratio Test): IEC 60076-1

2 การทดสอบขั้วหรือสัญลักษณ์กลุ่มเวกเตอร์ (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): IEC 60076-3

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

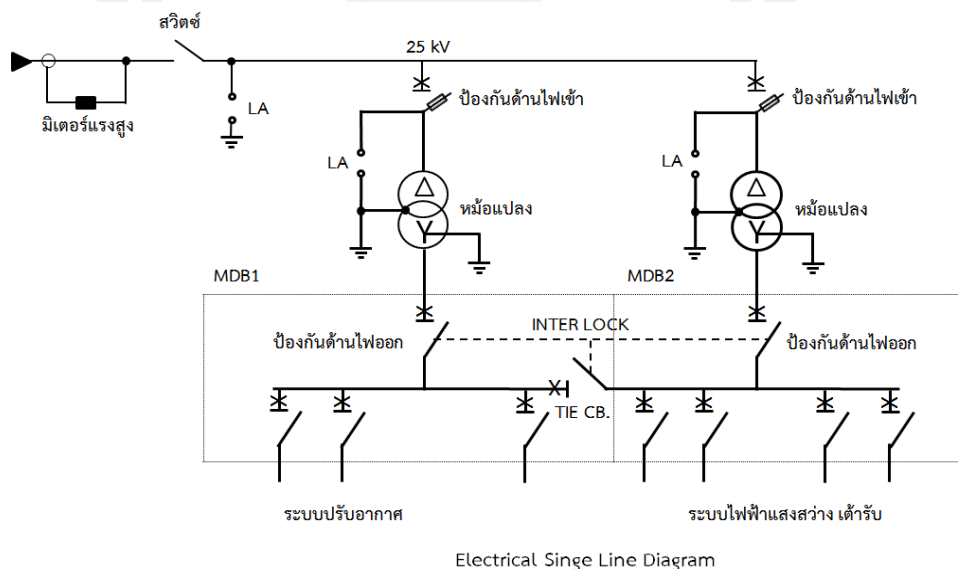
1.2.7.10.5 การทดสอบพิเศษ (Special Test) เป็นการทดสอบตามความต้องการของลูกค้าหรือผู้ซื้อ ซึ่งมักจะมีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นพอสมควร ประกอบด้วย

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) ของหม้อแปลง ขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินไม่เกินค่าที่กำหนดให้เป็นไปตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทยของ วสท. สำหรับค่าที่คำนวณได้หากไม่ตรงกับขนาดหม้อแปลงตามมาตรฐานผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ขนาดที่ใกล้เคียงที่สูงถัดขึ้นไปได้ในกรณีที่มีการต่อขนานหม้อแปลง หม้อแปลงทุกลูกต้องมีคุณสมบัติทางไฟฟ้าที่เหมือนกัน หม้อแปลงแต่ละลูกต้องมีการป้องกันกระแสเกินทั้งทางด้านแรงสูงและแรงต่ำ และต้องมีสวิตช์หรือเซอร์กิตเบรกเกอร์แรงสูงที่สามารถปลดและสับหม้อแปลงได้พร้อมกัน ตัวอย่างการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลงดังแสดงในภาพประกอบ 13



ภาพประกอบ 13 รูปแสดงการจ่ายไฟระบบแรงสูงและการต่อขนานหม้อแปลง

1.2.8.1 การป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้า มีไว้เพื่อป้องกันกระแสเกินอันเนื่องมาจากเกิดการลัดวงจรด้านแรงสูงหรือภายในตัวหม้อแปลงเอง ค่าปรับตั้งสูงสุดในตาราง ตามมาตรฐานถ้าใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินจะเลือกใช้ค่าสูงสุดไม่เกิน 4-6 เท่าของพิกัดกระแส

ด้านไฟเข้า ในกรณีเลือกใช้ฟิวส์เป็นเครื่องป้องกันกระแสเกินจะกำหนดให้ใช้ไม่เกิน 300% ของพิกัดกระแสด้านไฟเข้าของหม้อแปลง แต่ไม่ต่ำกว่า 125% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงด้านไฟเข้า เพราะฟิวส์อาจจะขาดได้ การใช้งานจริงควรกำหนดค่าให้เหมาะสมและต้องคำนึงกระแสในขณะสับสวิทช์จ่ายไฟให้กับหม้อแปลงตอนแรกที่มีกระแสสูงชั่วขณะ (Transformer Inrush Current) เครื่องป้องกันกระแสเกินด้านไฟเข้าจะต้องทนค่ากระแสนี้ได้โดยไม่ขาดหรือปลดวงจร โดยทั่วไป ถ้าเลือกใช้ Fuse ซึ่งส่วนใหญ่นิยมใช้ จะใช้ขนาด 1.5 – 2.0 เท่า ของกระแสพิกัดไฟด้านไฟเข้าขนาดฟิวส์แรงสูงตามมาตรฐาน IEE-NEMA คือ 1, 2, 3, 6, 8, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 65, 80, 100, 140 และ 200 A และตารางแสดงขนาดปรับตั้งสูงสุดของเครื่องป้องกันกระแสเกินสำหรับหม้อแปลงสามารถแสดงในตารางที่ 34

ตารางที่ 34 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 แต่อย่างไรก็ตามสายไฟฟ้าเมนด้าน

แรงต่ำที่ออกจากหม้อแปลงต้องสอดคล้องกับขนาดของเครื่องป้องกันกระแสเกินด้วยขนาดเซอร์กิตเบรกเกอร์ 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 % จง

คำนวณหา Fuse ทางด้านแรงสูง (HV) Circuit Breaker ทางด้านแรงต่ำ (LV) และค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง

วิธีทำ

1. กำหนดขนาด Fuse ด้านแรงสูง

หากระแสไหลตเต็มที่ด้านแรงสูง

$$I = 2000 / 1.732 \times 22 = 52.48 \text{ A}$$

กำหนดขนาด Fuse ไม่ต่ำกว่า 125% และไม่เกิน 300 %

$$\text{ขนาด Fuse} = 125 \times 52.48 = 65.6 \text{ A}$$

เลือก Fuse ให้ตรงกับมาตรฐานการผลิตและเผื่อค่ากระแส Inrush (ทั่วไปนิยม

ใช้ 1.5-2.0 เท่าของกระแสไฟด้านเข้า) จะได้ขนาด 80A หรือใหญ่กว่าถัดขึ้นไป คือ 100A ก็ได้

2. กำหนดขนาด Circuit Breaker ด้านแรงต่ำปรับตั้งไม่เกิน 125% ของกระแสพิกัดหม้อแปลงด้านแรงต่ำ

$$I = 2000 \times 1000 / 1.732 \times 400 = 2886 \text{ A}$$

$$\text{กำหนดขนาด Circuit Breaker ที่ } 125 \% = 1.25 \times 2886 = 3607 \text{ A}$$

เลือกใช้ Circuit Breaker ขนาดสูงสุด 3600 AT- 4000 AF

3. ค่ากระแสลัดวงจรที่ขั้วแรงต่ำของหม้อแปลง

คิดระบบไฟฟ้าเป็นแบบ Infinite Bus และกระแสลัดวงจรแบบสมมูล

$$\text{สูตร กระแสลัดวงจร } (I_c) = 100 \times I_n / \% U$$

โดย I_n = กระแสพิกัดของหม้อแปลงด้านแรงต่ำ(A)

% U = % อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง

$$I_c = 100 \times 2886 / 6 = 48100 \text{ A} = 48.1 \text{ kA}$$

ในทางปฏิบัติการเลือกพิกัดค่ากระแสลัดวงจรของเครื่องป้องกันกระแสเกิน ควรเผื่อไว้สำหรับค่าความคลาดเคลื่อนของ % อิมพีแดนซ์ของหม้อแปลง ค่า Motor Contribution ของ

กระแสลัดวงจร และค่า Safety Factor ซึ่งโดยรวมจะเผื่อไว้ประมาณ 25% ดังนั้นค่ากระแสลัดวงจร
 $= 48.1 \times 1.25 = 60 \text{ kA}$

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 สามารถ
 แสดงได้ตารางที่ 35

ตารางที่ 35 ขนาดเครื่องป้องกันกระแสเกินด้านแรงต่ำด้านไฟออกหม้อแปลง 3 เฟส 230/400V

พิกัดหม้อ แปลง (kVA)	กระแสพิกัด ด้านแรงต่ำ (A)	125% กระแสพิกัด ด้านแรงต่ำ	ขนาดปรับตั้ง CB	ขนาด AF ของ CB (A)	ค่าพิกัด กระแส ลัดวงจร (kA)	หมายเหตุ
100	144	180	160	200	10	ขนาด เครื่อง ป้องกัน กระแสเกิน ด้านแรงต่ำ ใช้ไม่เกิน 125% ของ กระแสพิกัด ด้านแรงต่ำ (No Load) ของหม้อ แปลง
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 การตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าเป็นสิ่งจำเป็นเพื่อให้อุปกรณ์ต่างๆ มีสภาพพร้อมใช้งานตามที่ต้องการอย่างมีประสิทธิภาพ มีความเชื่อถือได้ มีอายุการใช้งานที่ยาวนานขึ้น มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและผู้ปฏิบัติงาน ในส่วนของหม้อแปลงไฟฟ้าและส่วนประกอบก็ต้องมีการตรวจสอบ ดูแลและบำรุงรักษาเช่นกัน มีดังต่อไปนี้

1.2.9.2 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน

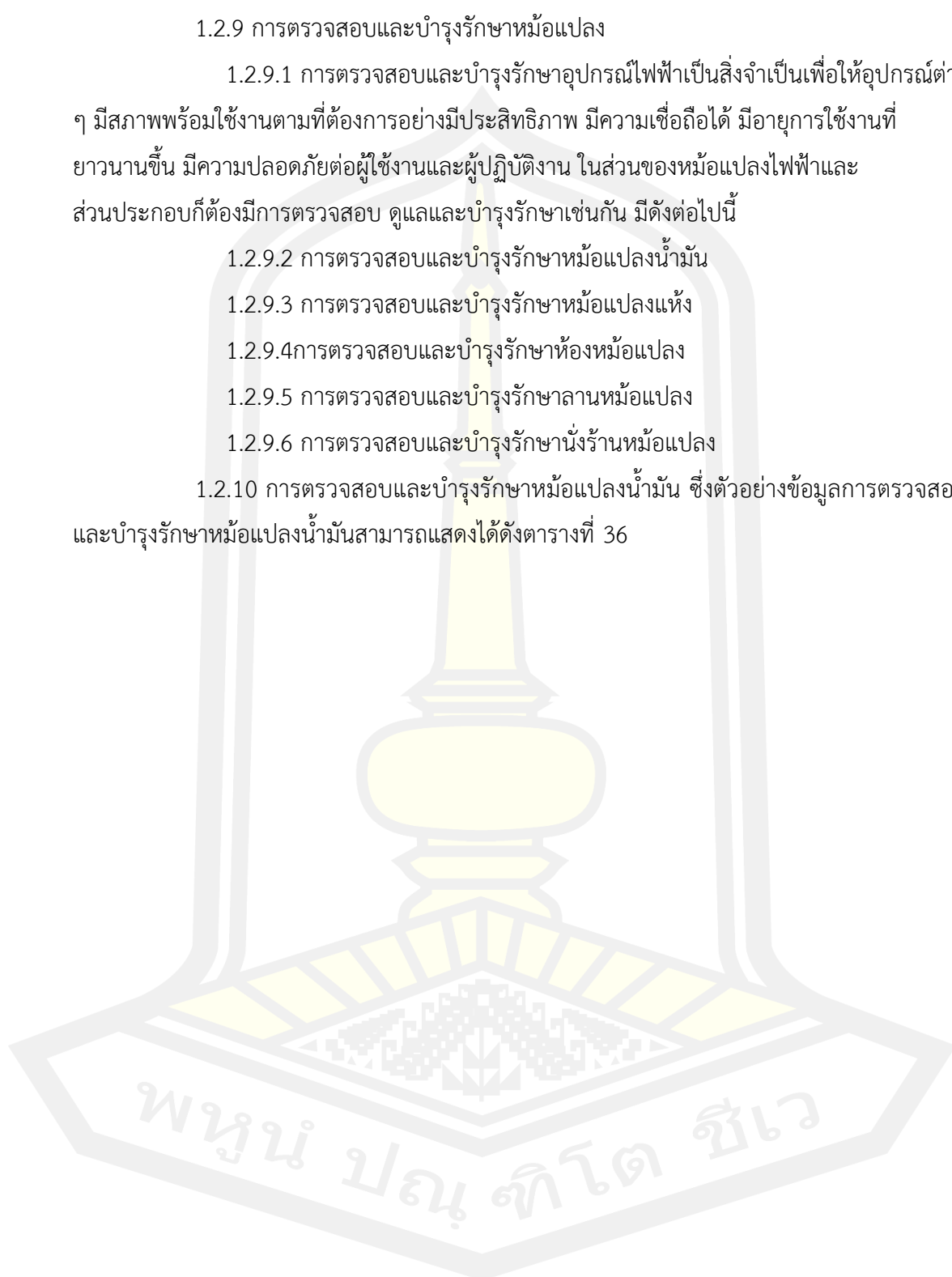
1.2.9.3 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงแห้ง

1.2.9.4 การตรวจสอบและบำรุงรักษาห้องหม้อแปลง

1.2.9.5 การตรวจสอบและบำรุงรักษาลานหม้อแปลง

1.2.9.6 การตรวจสอบและบำรุงรักษานั่งร้านหม้อแปลง

1.2.10 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน ซึ่งตัวอย่างข้อมูลการตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมันสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 36



ตารางที่ 36 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงน้ำมัน

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
1.	ลูกถ้วยแรงสูง แรงต่ำ	ตรวจสอบสภาพผิว รอยไหม้ ชำรุด รอยแตกบิ่น ผุพัง คราบสกปรกและทำความสะอาด ซ่อมรอยชำรุด รอยอาร์กหรือเปลี่ยนลูกถ้วยใหม่	
2.	ขั้วต่อสาย แรงสูง แรงต่ำ	ตรวจสอบขั้วต่อสายดูรอยไหม้อาร์ก เป็นสนิมหรือเกิดออกไซด์ ชำรุดและทำความสะอาดขั้วและหน้าสัมผัสต่างๆ ชั้นน็อตขั้วต่อสายทุกตัวให้แน่นหรือเปลี่ยนขั้วต่อสายใหม่	ปกติอุณหภูมิขั้วต่อสายไม่ควรเกิน 70 °C
3.	สภาพตัวถัง	ตรวจเช็ครอยรั่วซึมของน้ำมันตามแนวเชื่อม การเกิดสนิมหรือการกัดกร่อนของตัวถัง คราบสกปรก ผุพัง ถ้าพบรอยรั่วซึมให้แก้ไข โดยการเชื่อมหรือเปลี่ยนปะเก็น ทำความสะอาดขัดทำสี เพื่อให้การระบายความร้อนได้ดี	
4.	น้ำมันรั่วซึม	ตรวจสอบครีบบระบายความร้อน ปะเก็นหรือซีลยางต่างๆ ฝาถัง วาล์ว ถ่ายน้ำมันและเปลี่ยนปะเก็นหรือซีลยางในส่วนที่มีน้ำมันรั่วซึมและชั้นน็อตให้แน่น	
5.	อุณหภูมิหม้อแปลง	ตรวจสอบอุณหภูมิปัจจุบันและอุณหภูมิสูงสุด ตรวจสอบการทำงานของเทอร์โมมิเตอร์ ถ้าอุณหภูมิหม้อแปลงสูงเกินปกติต้องตรวจสอบกระแสใช้งานหากเกินให้ลดปริมาณการใช้ โหลดให้เหมาะสม	ระดับอุณหภูมิห้ามเกิน 100 °C

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
6.	สารดูดความชื้น (Silica Gel) (เฉพาะรุ่น Open Type) หม้อแปลงชนิด Sealed Tank จะไม่มีสารดูดความชื้น	ตรวจสอบสีของสารดูดความชื้น (ปกติสารดูดความชื้นจะมีสีม่วงน้ำเงิน เมื่อใช้งานมานานจะมีความชื้นสูงสีจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู ไม่สามารถดูดความชื้นได้อีกต่อไป ให้เปลี่ยนสารดูดความชื้น(ในปัจจุบัน Silica Gel เป็นสีส้ม จะเป็นชนิดที่ไม่มีสารโคบอลเป็นส่วนประกอบ ซึ่งเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และเมื่อเสื่อมสภาพจะกลายเป็นสีน้ำเงินอมเขียว)	ควรตรวจทุก ๆ 6-12 เดือน
7.	กั๊บดักฟ้าผ่า สายดิน และหลักดิน	ตรวจสอบสภาพทั่วไป รอยบิ่น แตก อารัก ตรวจสอบจุดต่อสายดินและสภาพสายดิน ว่าหลุดหลวมหรือสีก็กร่อนหรือไม่ วัดค่าความต้านทานหลักดิน เปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดและตรวจเช็คสายดินให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ดี แข็งแรง	ค่าความต้านทานหลักดินไม่เกิน 5 โอห์ม
8.	ความต้านทานฉนวน (Insulation Resistance)	วัดค่าความต้านทานด้วย เมกโอห์มมิเตอร์ ระหว่างขดลวดแรงสูง-แรงต่ำ ขดลวดแรงสูงกับตัวถัง (Tank) และขดลวดแรงต่ำกับตัวถัง ต้องไม่ต่ำกว่า 1000 Mega ohm ที่ 20°C	ใช้เมกโอห์มมิเตอร์ 1000 - 2500 V.

ตารางที่ 36 (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
9.	แกนล่อฟ้า (Arcing Horn)	วัดระยะบน-ล่าง ของแกนล่อฟ้าให้ได้ตามเกณฑ์	-ระบบ 11-12 kV. ระยะห่าง 85 mm -ระบบ 22-24 kV. ระยะห่าง 155 mm -ระบบ 33 kV. ระยะห่าง 220 mm
10.	ค่าความเป็นฉนวนของน้ำมัน (Dielectric Strength)	ตรวจสอบค่าความเป็นฉนวนของน้ำมัน หม้อแปลงโดยใช้เครื่องทดสอบ ถ้ามีค่าต่ำกว่ามาตรฐานควรเปลี่ยนหรือกรองน้ำมัน	ค่าความมาตรฐาน ASTM - ค่าน้ำมัน 30 kV ใช้ได้ - ค่าน้ำมัน 25-30 kV ใช้ได้หรือกรอง - ค่าน้ำมัน 20-25 kV ใช้ได้หรือกรอง - ค่าน้ำมันต่ำกว่า 20 kV ควรเปลี่ยน

1.2.9.2 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงแห้ง ซึ่งตรวจเหมือนกับหม้อแปลงน้ำมันในส่วนที่เหมือนกันและเพิ่มเติมซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 37

ตารางที่ 37 การตรวจสอบและบำรุงรักษาหม้อแปลงแห้ง

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
1.	การระบายอากาศ	ตรวจสอบช่องครีมีระบายอากาศทำความสะอาดฝุ่น คราบสกปรก	
2.	ภายในตู้	ตรวจสอบฝุ่นที่ขดลวด Insulator ช่องระบายอากาศ การเปลี่ยนสีเนื่องจากความร้อน Tracing + Carbonization Insulator แคล้ม Coil Spacer หลุดหลวมหรือไม่และทำความสะอาดจุดต่อไฟฟ้าขึ้นให้แน่น	
3.	การเกิด Partial Discharge	ตรวจด้วยเครื่องมือวัดเปรียบเทียบกับค่าจากผู้ผลิตในอดีต	

1.2.9.3 การตรวจบำรุงรักษาห้องหม้อแปลง มีข้อมูลดังในตารางที่ 38 และ 39 ตามลำดับ

ตารางที่ 38 การตรวจบำรุงรักษาห้องหม้อแปลง

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
1.	สภาพห้องหม้อแปลง	ผนังห้องต้องสร้างด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรงเพียงพอกับการใช้งานไม่ทรุดไม่แตก ต้องไม่มีวัสดุที่ไม่เกี่ยวข้องและเชื้อเพลิงเก็บอยู่ภายใน มีพื้นที่ว่างในการปฏิบัติงานเพียงพอ	
2.	บ่อพักน้ำมันและท่อระบาย	ตรวจสอบว่าขนาดบ่อพักอยู่ในสภาพดี ถูกต้องหรือไม่ ในบ่อพักต้องมีทินเบอร์ 2 ใส่ง่ายเต็มไม่มีน้ำขัง หากมีการรั่วไหลของน้ำมันควรสูบออกให้หมด	

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
3.	การระบายอากาศ	ตรวจสอบสภาพช่องระบายอากาศทั้งช่องระบายอากาศเข้าและอากาศออกและไม่มีสิ่งกีดขวางวัตถุอันตรายในห้องไม่เกิน 40 °C ทำความสะอาด กรณีใช้พัดลมหรือเครื่องปรับอากาศให้ตรวจสอบด้วยว่าพัดลมหรือเครื่องปรับอากาศยังทำงานได้ตลอดเวลาที่หม้อแปลงจ่ายไฟ	
4.	ระบบดับเพลิง	ตรวจสอบสภาพว่ามีเครื่องดับเพลิงชนิดที่ดับไฟที่เกิดจากไฟฟ้าได้และยังอยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ ติดไว้ที่ผนังด้านนอกห้องหม้อแปลง	เครื่องดับเพลิงมือถือที่ใช้ดับไฟจากไฟฟ้าจะมีสัญลักษณ์ C
5.	การต่อลงดิน	ตรวจวัดค่าความต้านทานการต่อลงดินส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งต้องต่อลงดิน ตรวจสอบสภาพสายดินและจุดต่อสายดินไม่หลุดหลวม ไม่ผุกร่อนให้คงสภาพใช้งานได้ดีตลอดเวลา	สายต่อหลักดินต้องเป็นสายทองแดงขนาดไม่ต่ำกว่า 35 ตร.มม.และค่าความต้านทานการต่อลงดิน < 5 โอห์ม
6.	ป้ายเตือน	ตรวจว่ามีป้ายเตือนข้อความว่า “อันตรายไฟฟ้าแรงสูง” และเฉพาะเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ติดไว้ที่ด้านนอกห้องหม้อแปลงในตำแหน่งที่มองเห็นได้อย่างชัดเจนและอยู่ในสภาพดี	

ตารางที่ 38 (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
7.	แสงสว่าง	ตรวจสอบความสว่างในห้องหม้อแปลง วัดค่าความสว่าง ตรวจสอบหลอดไฟ ให้ใช้งานได้ตลอดเวลา	ความส่องสว่าง เฉลี่ยในห้องหม้อ แปลงต้องไม่น้อย กว่า 200 ลักซ์

1.2.9.4 การตรวจบำรุงรักษาลานหม้อแปลง และตัวอย่างวิธีการตรวจสอบและการ
ดำเนินการสามารถแสดงได้ตาราง 39

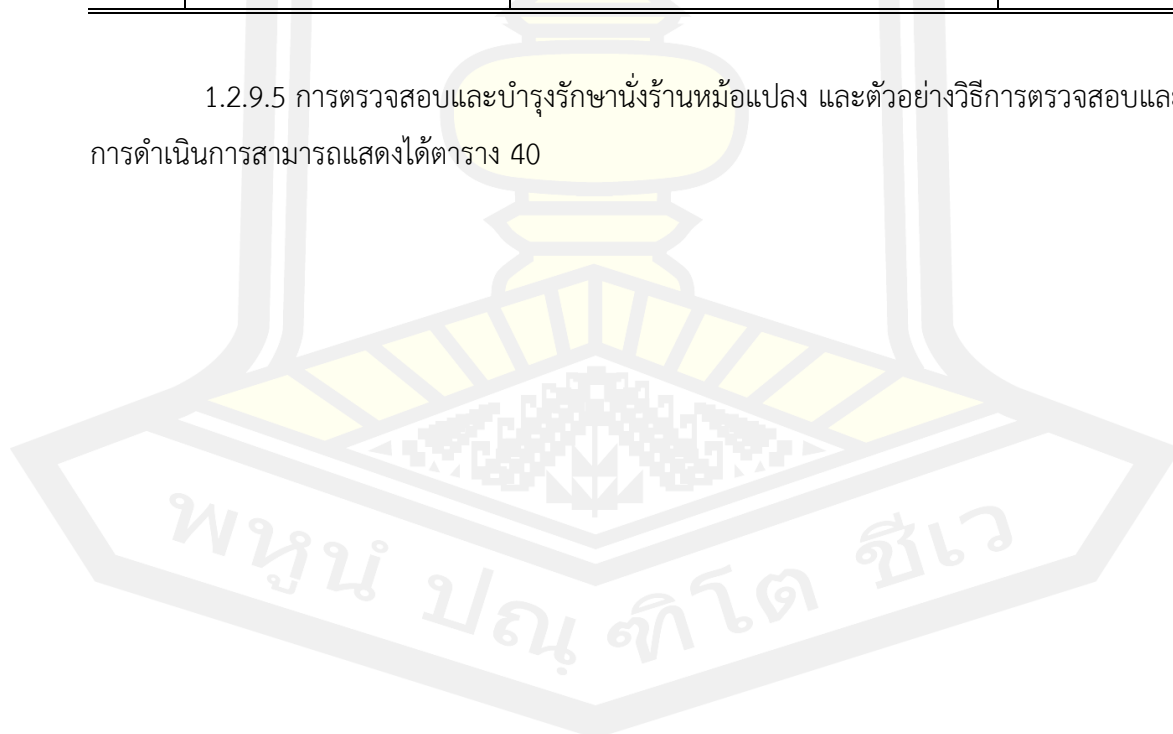
ตารางที่ 39 การตรวจบำรุงรักษาลานหม้อแปลง

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
1.	สถานที่ตั้งลานหม้อแปลง	ตรวจสอบลานหม้อแปลงต้องอยู่ห่างจาก วัสดุที่ติดไฟง่ายและต้องมีการป้องกัน ไม่ให้เกิดการลุกลามของน้ำมันที่อาจเกิด จากหม้อแปลงระเบิดไปติดวัสดุหรือ อาคารจนทำให้เกิดเพลิงไหม้ได้	
2.	รั้วและประตู	ลานหม้อแปลงต้องมีรั้วที่มีความสูงไม่น้อย กว่า 2 เมตร เพื่อป้องกันบุคคลหรือสัตว์ ต้องตรวจสอบสภาพทั่วไปว่ารั้วและประตู มีสภาพแข็งแรง ไม่ผุกร่อนหรือชำรุด ประตูรั้วสามารถล็อกกุญแจได้และจะต้อง มีความต่อเนื่องทางไฟฟ้าด้วย	

ตารางที่ 39 (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
3.	สภาพพื้นลานหม้อแปลง	ตรวจสอบว่าพื้นหม้อแปลงต้องโรยหินเบอร์สองจนทั่ว ยกเว้นให้เฉพาะพื้นที่จะใช้ตั้งอุปกรณ์ ความหนาของหินเบอร์2 ต้องไม่น้อยกว่า 100 มม. และลานหม้อแปลงต้องไม่มีต้นหญ้า ต้นไม้หรือวัชพืชอื่นขึ้น ไม่มีน้ำขังและมีการป้องกันน้ำท่วมอย่างเหมาะสม	
4.	การต่อลงดิน	ตรวจสอบวัดค่าความต้านทานการต่อลงดิน ส่วนที่เป็นโลหะเปิดโล่งต้องต่อลงดิน ตรวจสอบสภาพสายดินและจุดต่อสายดิน ต้องไม่หลุดหลวมไม่ผุกร่อนและต้องคงสภาพการใช้งานได้ตลอดเวลา	

1.2.9.5 การตรวจสอบและบำรุงรักษานั่งร้านหม้อแปลง และตัวอย่างวิธีการตรวจสอบและการดำเนินการสามารถแสดงได้ตาราง 40



ตารางที่ 40 การตรวจสอบและบำรุงรักษานั่งร้านหม้อแปลง

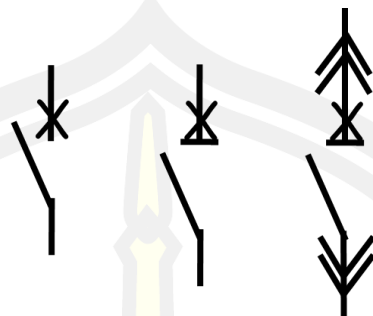
ลำดับ	รายการตรวจสอบ	วิธีการตรวจสอบและการดำเนินการ	หมายเหตุ
1.	สภาพเสาและความแข็งแรงของเสา	สภาพเสาไฟฟ้าต้องไม่มีรอยแตกร้าว เสา นั่งร้านไม่ทรุดหรือเอียง น๊อตยึดไม่เป็นสนิม และผุกร่อน ในกรณีพบว่านั่งร้านเอียงหรือทรุดตัว ต้องรีบดำเนินการแก้ไข	
2.	การต่อลงดินของส่วนโลหะที่เปิดโล่ง	ส่วนที่เป็นโลหะและเปิดโล่งและปกติไม่ใช่เป็นทางเดินของกระแสไฟฟ้าแต่อาจมีไฟฟ้าได้ เช่น ตัวถังหม้อแปลง ต้องมีการต่อลงดินและสายต่อหลักดินต้องเป็นสายทองแดงขนาดไม่ต่ำกว่า 35 ตร.มม.	
3.	ค่าความต้านทานการต่อลงดิน	ตรวจวัดค่าความต้านทานการต่อลงดินด้วยเครื่องมือวัด ค่าไม่ควรเกิน 5 โอห์ม	

ช่างไฟฟ้า และ วิศวกรไฟฟ้า อย่างมืออาชีพ

เดชทัต บุรณะอัศวกุล (2560 : คำนำ) ผู้ที่เกี่ยวข้องตั้งแต่ผู้ออกแบบ ผู้ติดตั้ง ผู้ควบคุมงาน เจ้าของงาน และทุกภาคส่วนอื่นๆ ปัจจุบันวิศวกรไฟฟ้าต้องมีใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม เพื่อทำงานภายใต้พระราชบัญญัติสภาวิศวกร และช่างไฟฟ้าที่ดูแลอาคารต่างๆ ต้องได้หนังสือรับรองความรู้ความสามารถช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ตามพระราชบัญญัติของทางกรมพัฒนาฝีมือแรงงาน จึงจะสามารถทำงานได้ ดังนั้นวิศวกรไฟฟ้าและช่างไฟฟ้าต้องมีความรู้ความสามารถด้านนี้ จะต้องทำความเข้าใจ เรียนรู้และตามให้ทันเพื่อที่จะได้เลือกใช้ใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างเหมาะสมปลอดภัยและถูกต้องตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของ วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์: วสท. ที่นำสายไฟฟ้าตามมาตรฐานใหม่นี้ มาทำการแนะนำและการเลือกอุปกรณ์ไฟฟ้ามาใช้งานในการติดตั้งและเดินสาย

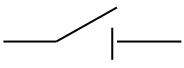
1. หลักการใช้ทั่วไปของเครื่องใช้ไฟฟ้าสำหรับใช้ในที่อยู่อาศัยอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานภายในแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ จากรายละเอียดของส่วนแผงสวิตช์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ อุปกรณ์ไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์ป้องกันที่มีใช้งานในแผงสวิตช์ฯ จะมีอุปกรณ์ป้องกันหลักๆ ดังนี้

1.1 เซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker: CB) เป็นอุปกรณ์ตัดต่อและป้องกัน กระแสเกิน ที่มีสัญลักษณ์ในการใช้งานตามภาพที่ประกอบนี้



ภาพประกอบ 14 ภาพที่ 1, 2 สัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั่วไป และเซอร์กิตเบรกเกอร์แบบ withdrawable ในภาพที่ 3 ตามลำดับ ของมาตรฐาน IEC ตามลำดับ

หมายเหตุ จากสัญลักษณ์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ตามมาตรฐาน IEC จะบ่งชี้ถึงความหมาย ในแต่ละส่วนดังนี้

1) ส่วน  หมายถึง Disconnection หรือ Switch เป็นการตัดต่อ วงจร หรือ Isolation ที่จะตัดส่วน supply ออกทั้งหมดหรือแยก หรือกั้นไม่ให้มีแรงดันไฟฟ้าหรือ กระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามได้เลย เป็นการเปิดวงจรได้ 100% แบบไม่มีการกระโดดข้ามมาอีกส่วนหนึ่ง ได้เลย

2) ส่วน X หมายถึง เป็นการป้องกันกระแสเกินในกรณีต่างๆ ทั้ง กระแสเกิน และ กระแสลัดวงจรมาตรฐานสำหรับ C.B หลักๆ ที่มีใช้งานเพื่อความปลอดภัยให้เหมาะสมตามลักษณะ การใช้งานโดยมีมาตรฐานหลักๆ 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 เพื่อ ป้องกันกระแสเกิน

เซอร์กิตเบรกเกอร์: C.B ประเภทที่เรียกว่า Miniature Circuit Breaker (MCB) ที่ใช้ งานตามมาตรฐาน IEC 60898 นี้ ต้องการให้เกิดความปลอดภัยสำหรับบุคคลที่ไม่มีความรู้ที่อยู่อาศัย ในบ้านหรือลักษณะคล้ายๆ กันนี้ ดังนั้น C.B ประเภทนี้จะไม่สามารถปรับตั้งค่าได้ เพราะได้มีการ ปรับตั้งค่าจากโรงงานผู้ผลิตและได้ปิดหรือผนึกไว้ หลังจากมีการปรับตั้งค่ากระแสใช้งาน ที่ค่ากระแส ต่างๆ ที่ส่วนใหญ่จะค่อนข้างเหมาะสมกับโหลดที่จะใช้งาน เช่น 6, 10, (13 ไม่นิยมใช้) 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100 และ 125 A. ที่มีอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 40 องศาเซลเซียส และเฉลี่ย 24 ชม. ไม่เกิน 35 องศาเซลเซียส โดยความสูงในการติดตั้งใช้งานไม่เกิน 2,000 เมตร ทั้งนี้ต้องดูเอกสาร

ทางเทคนิคของผู้ผลิตประกอบก่อน เพราะบางผู้ผลิตจะมีอุณหภูมิโดยรอบที่ 30 องศาเซลเซียส หรือ ความสูงในการติดตั้งใช้งานที่อาจไม่ตรงตามนี้ ดังนั้นต้องตรวจสอบข้อมูลเทคนิคของผู้ผลิตและ มาตรฐานที่เกี่ยวข้องก่อนการใช้งาน

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


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

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

จากพิกัดกระแสใช้งานข้างต้นแล้ว อีกสิ่งหนึ่งที่ยังต้องกล่าวถึง คือ ลักษณะงานที่ใช้ด้วย ตามมาตรฐานฯ จึงได้ผลิต C.B ตามลักษณะการใช้งานในแต่ละประเภท ที่มีคุณสมบัติหลากหลาย มากกว่า C.B ตามมาตรฐาน IEC60898 โดยจะมีการเพิ่มกราฟ K, MA และ Z ให้เหมาะสมกับการใช้งานมากขึ้น

1.3.2 Moulded Case Circuit Breaker (MCCB) มีพิกัดกระแสใช้งานและ คุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น และมีเฉพาะในมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัด กระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรในแบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพ การเลือกใช้งาน MCCB

1. ข้อมูลจากฉลากด้านหน้า ที่ควรทราบ



← ตราสินค้า

← เป็นซีอรุ่น NSX ขนาด

← ค่ากระแสลัดวงจร Icu, Ics ที่พิกัด

← ข้อมูล MCCB ที่มีใน Nameplate

← ความถี่ และเป็น cat A ที่ใช้เป็น

← สัญลักษณ์ของ C.B

← มาตรฐาน IEC และ EN

← กระแสลัดวงจรตามมาตรฐาน NEMA ที่แรงดันต่างๆ

Ue (V)	Icu (kA)	Ics
220/240	~ 120	120
380/415	~ 100	100
440	~ 90	90
500	~ 65	65
525	~ 40	40
660/690	~ 15	15

240V	480V	600V
~ 150	~ 90	~ 40

2. ข้อมูลจากฉลากด้านข้าง ที่ควรทราบ



← Third party laboratory

← เป็นซีอรุ่น NSX ขนาด 400-630AF หลายพิกัด Ic

← ค่าอธิบายประเภทการใช้งาน

← ค่ากระแสลัดวงจร ที่พิกัดแรงดันต่างๆ

← ค่าอธิบายประเภทการใช้งาน

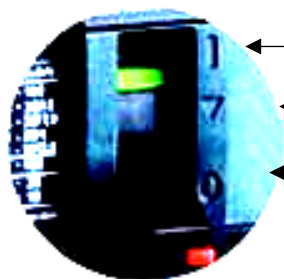
← ค่าอธิบายการต่อใช้งาน ความแน่นของการขันสกรูและอุณหภูมิที่ต่อใช้งานกับสายไฟ

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

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

ภาพประกอบ 16 ข้อมูลจาก Nameplate ด้านข้างของ MCCB

3. การพิจารณาบริเวณจุ่มก หรือ ก้านของ C.B



สัญลักษณ์ I = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพที่ปิดวงจร (ON)

สัญลักษณ์ ▼ = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพที่เปิดวงจร (Trip)

สัญลักษณ์ 0 = C.B กำลังทำงานอยู่ในสภาพที่เปิดวงจร (OFF)

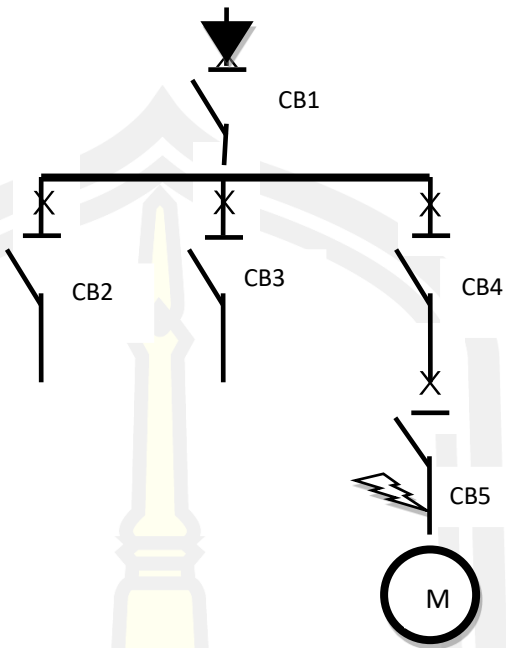
ภาพประกอบ 17 ข้อมูลของ MCCB ที่จุ่มกหรือก้านโยก

3. เมื่อต้องการใส่อุปกรณ์เสริมต่างๆ เช่น Under Voltage Release, Shunt Opening

และ Auxiliary Contact เป็นต้น จะต้องขันสกรู เพื่อเปิดฝาด้านหน้า

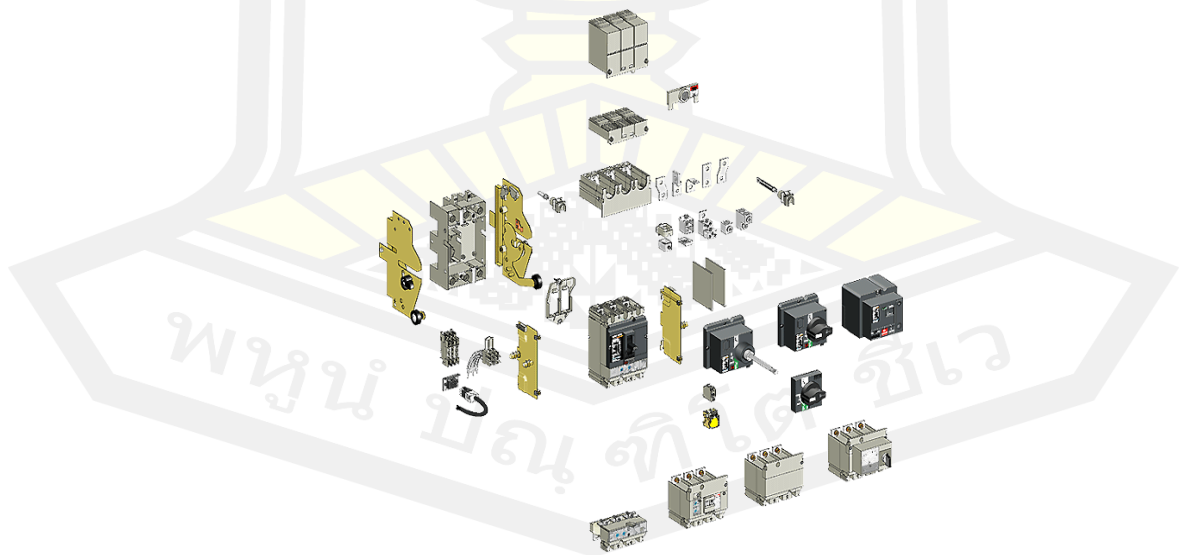
5. เนื่องจากขีดความสามารถของ MCCB นั้นมีข้อจำกัดในเรื่องของคุณสมบัติพื้นฐาน ทำให้ MCCB โดยส่วนใหญ่ ไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็น C.B ตัวเมน เพื่อป้องกันการทำงานในเวลาเดียวกัน หรือ มีการทำงานหลังจากที่ C.B ตัวย่อยได้ เพราะ MCCB นั้นไม่มีคุณสมบัติในส่วนของ Icw ที่จะสามารถทนค่ากระแสลัดวงจรได้นาน กระทั่งให้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

การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) ในกรณีที่ CB มีค่า Icw



ภาพประกอบ 18 การเรียงลำดับการทำงาน (ตัดวงจร) ในกรณีที่ CB มีค่า I_{cw}

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



ภาพประกอบ 19 ส่วนประกอบของ MCCB

ส่วนประกอบที่สำคัญๆ มีดังนี้

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

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



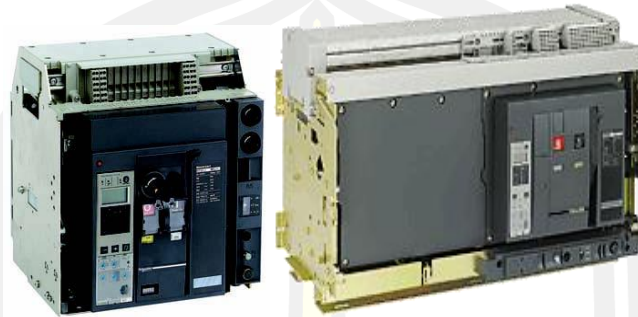
ภาพประกอบ 20 ทางกายภาพของ shunt trip

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

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

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

1.3.3 Air Circuit Breaker (ACB) มีพิกัดกระแสใช้งานและ คุณสมบัติอื่นๆ ที่สูงขึ้น ตามมาตรฐาน IEC60947-2 จากที่กล่าวมาในขั้นต้นของพิกัดกระแสใช้งาน พิกัดกระแสลัดวงจรใน แบบต่างๆ และความแตกต่างทางด้านกายภาพที่ จากภาพประกอบดังต่อไปนี้



ภาพประกอบ 21 Air Circuit Breaker: ACB ทางกายภาพ

เนื่องจากพิกัดกระแสใช้งาน มีขนาดใช้งาน เช่น 320, 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3200A, 4000, 5000 และ 6300A พิกัดกระแสลัดวงจรมีปริมาณสูงขึ้น เช่น 42, 50, 65, 70, 80, 100, 120 และ 150kA เป็นสาเหตุให้ ACB นั้นมีขนาดใหญ่ เพื่อการใช้งานที่สะดวก ในการใส่สายไฟที่ต้องมีขนาดใหญ่ขึ้นด้วย

การเลือกใช้งาน Air Circuit Breaker

1. จากข้อมูลเทคนิคด้านหน้า ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ และการทำงานของชุดควบคุม ของ ACB สามารถแสดงได้ดังตัวอย่างภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 การทำงานของชุดควบคุมของ ACB

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

2.1 Long Time Delay (L) คือ การปรับตั้งค่ากระแสให้ใช้งานได้เหมาะสมกับโหลด

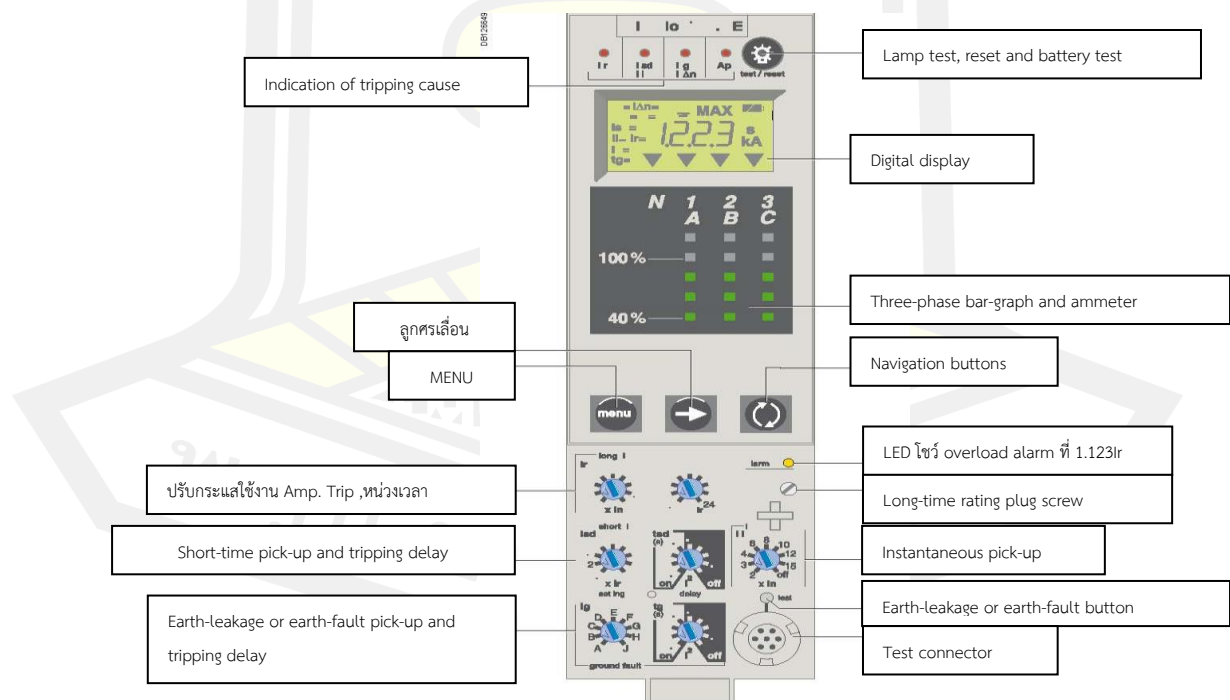
- 1) กรณีของ MCCB ที่เป็นแบบ Thermo Magnetic ที่ไม่สามารถปรับค่าได้ (Fixed)
- 2) กรณีของ MCCB ที่เป็นแบบ Thermo Magnetic จะสามารถปรับค่าได้ $80\% - 100\% I_n$
- 3) กรณีของ MCCB และ ACB ที่เป็นแบบ Micro Logic จะสามารถปรับค่าได้ $40\% - 100\% I_n$ ทั้งนี้มีบางรุ่นที่สามารถที่จะปรับค่าได้ละเอียดมากกว่านี้

ทั้งนี้ยังมี Time Delay เพื่อเป็นการหน่วงเวลาช่วยให้สามารถทำ Coordination ได้ง่ายขึ้นด้วย

2.2 Short Time Delay (S) คือ การปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรแบบมีการหน่วงเวลา

2.3 Instantaneous (I) คือ การปรับตั้งค่ากระแสลัดวงจรแบบทันที (ไม่มีการหน่วงเวลา)

2.4 Ground Fault (G) คือ การปรับตั้งค่ากระแสรั่ว



ภาพประกอบ 23 Micro Logic ของ Air Circuit Breaker

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

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

การติดตั้งและใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ ทั้ง MCB, MCCB และ ACB

1. การติดตั้งและใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์ ต้องติดตั้งตามข้อกำหนดของผู้ผลิต เช่น พิกัดการขึ้นแน่นของสกรู ระดับความสูงในการใช้งาน ความชื้น ความร้อน เป็นต้น

2. การติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์ในแผงสวิตช์ฯ ที่ถูกต้องตามแบบฯ และต้องคำนึงถึงความสะดวกต่อการซ่อมบำรุงในอนาคต รวมถึงการป้องกันการลุกลามแต่ละส่วน

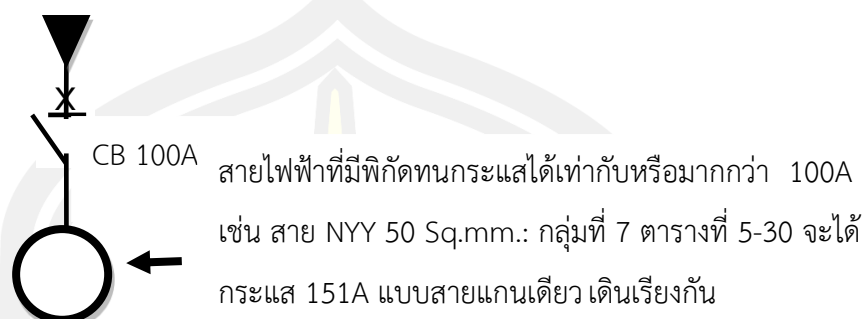
3. การตั้งค่าการใช้งานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ให้สอดคล้องกับโหลดที่ใช้งาน อุปกรณ์ไฟฟ้าอื่นๆ เช่น สายไฟ เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่อยู่ใกล้เคียงในวงจรเกี่ยวเนื่องกัน หรือ การทำ Coordination Curve ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ โดยการทำให้ Coordination Curve จะต้องได้รับการทวนสอบว่าได้คิดคำนวณหรือ เลือกใช้ตามคุณสมบัติที่ผู้ผลิตได้ทดสอบและระบุไว้แล้วตามโปรแกรมของผู้ผลิตนั้นๆ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

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

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

หมายเหตุ : ถ้าโหลดที่เลือกใช้มีโอกาสใช้งานในส่วนกระแสเกินในบางครั้ง อาจใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่สามารถปรับตั้งค่าได้และปรับขนาดแอมป์ให้สูงขึ้นได้ แต่ที่สำคัญขนาดของสายไฟฟ้า หรือ อุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องที่เลือกใช้ควรมีการเผื่อขนาดไว้แต่แรกด้วย หากมีการเผื่อขนาด

ทุกวงจร ทุกลำดับชั้น ก็จะทำให้สิ้นเปลืองเงินความจำเป็นได้ ดังนั้นการออกแบบที่ดี ควรมีการพิจารณาการใช้งานและเงื่อนไขการใช้งานในกรณีต่างๆ ประกอบด้วย



ภาพประกอบ 24 วงจรและการเลือกใช้งานเซอร์กิตเบรกเกอร์

108 คำถาม กับเรื่อง ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 อย่างมืออาชีพ

เตชทัต บุรณะอัครกุล (2560: คำนำ) หนังสือ 108 คำถาม กับเรื่อง “ช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1” อย่างมืออาชีพ ได้นำเนื้อหาตามหัวข้อคำถามต่างๆ ตามการทดสอบความรู้ความสามารถ ทักษะคติ ของช่างไฟฟ้าภายในอาคาร ระดับ 1 มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ พระราชบัญญัติส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน พ.ศ.2558 กรมพัฒนาฝีมือแรงงาน กระทรวงแรงงาน และผสมผสานเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปัจจุบันช่างไฟฟ้าที่ดูแลอาคารต่างๆ ต้องได้หนังสือรับรองความรู้ความสามารถช่างไฟฟ้าภายในอาคาร จึงจะสามารถทำงานได้ ดังนั้นช่างไฟฟ้าต้องมีความรู้ความสามารถด้านการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าหรืออุปกรณ์ไฟฟ้าอย่างถูกต้องตามมาตรฐาน เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับการใช้งาน เพิ่มเติมด้วยความรู้ในการต่อลงดินของทางหลวง ไฟฟ้านครหลวง การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยช่างไฟฟ้าจำเป็นต้องมีภาระบรรมทั้งภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติอย่างถูกต้องตรงตามมาตรฐานฯ เพื่อความปลอดภัยของชีวิตและทรัพย์สินของผู้อยู่อาศัยในที่พักอาศัยบ้านหรืออาคารชุด จึงต้องมีหนังสือรับรองความรู้ความสามารถของช่างไฟฟ้า เพื่อเป็นการรับรองว่าช่างไฟฟ้าที่มาติดตั้งหรือเพิ่มเติมหรือแก้ไขซ่อมแซมระบบไฟฟ้าของบ้านที่อยู่อาศัยของท่านมีความรู้ความสามารถที่จะมาติดตั้งระบบไฟฟ้าอย่างปลอดภัย

การบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า

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

กฎหมายว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2550 ที่เน้นเรื่องระบบการจัดการพลังงานและการสร้างจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงาน โดยมีการกำหนดโครงสร้างการจัดการพลังงาน การประเมินสถานะเบื้องต้น การกำหนดนโยบายและการประชาสัมพันธ์ การประเมินศักยภาพทางเทคนิค การกำหนดมาตรการ เป้าหมาย และการคำนวณผลตอบแทนทางการเงิน การจัดทำแผนปฏิบัติการ การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการ การทบทวนผลการดำเนินการ การสร้างจิตสำนึกการอนุรักษ์พลังงานที่เน้นความจำเป็นในการสร้างจิตสำนึกด้านอนุรักษ์พลังงานที่ต้องมีขั้นตอน มีกิจกรรม แผนการรณรงค์ประชาสัมพันธ์ รวมถึงบันได 5 ขั้นสู่ความสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานอย่างมั่นคงและยั่งยืน การอนุรักษ์พลังงานให้เกิดผลอย่างจริงจังและมีผลอย่างยั่งยืนนั้น จำเป็นต้องวางระบบในการดำเนินงานที่เหมาะสม และปฏิบัติการอย่างต่อเนื่องด้วยความตั้งใจ เข้าใจ สนใจ และร่วมใจกันทุกฝ่าย ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงลงไป พร้อมทั้งกำหนดแผนงาน เพื่อให้เกิดผลตามวัตถุประสงค์ตลอดไป ผลประโยชน์ของการจัดการด้านพลังงานแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ 2 ประเภทด้วยกันคือ ผลประโยชน์โดยตรงและผลประโยชน์ทางอ้อมหรือผลข้างเคียง โดยกลยุทธ์ในการบริหารพลังงานในหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งมีแนวทางดังนี้คือ ต้องมีนโยบายที่แน่นอน ต้องมีคนหรือผู้รับผิดชอบ จะต้องกำหนดหน้าที่รับผิดชอบ การติดตามผลการดำเนินงาน ต้องมีการเตรียมการ เก็บข้อมูล ประเมินผล การทำงานเก็บข้อมูลรายละเอียดของผลที่ได้รับจริง ๆ เปรียบเทียบกับเป้าหมายที่ตั้งไว้

การจัดการพลังงานสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ได้กล่าวถึงหลักการของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ประเภทและชนิดต่างๆของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีแนวทาง การลดชั่วโมงการทำงานที่ไม่จำเป็นในระบบแสงสว่าง ดังนี้

- 1) การลดชั่วโมงการใช้งาน สามารถดำเนินการได้โดยปิดสวิตซ์ในบริเวณที่ไม่จำเป็นซึ่งสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสำรวจสภาพการใช้งานในระบบแสงสว่างและศักยภาพในการปรับปรุงในแต่ละแผนก จัดแบ่งจำนวนสวิตซ์ให้เพียงพอ และสัมพันธ์กับพื้นที่ใช้งานและเวลาที่ใช้งาน ควรจัดทำแผนที่แสดงตำแหน่งการเปิด-ปิดสวิตซ์ในแต่ละโคมไฟฟ้าให้ชัดเจน รณรงค์หรือจัดกิจกรรมให้ทุกคนในหน่วยงาน มีส่วนร่วมในการปิดไฟที่ไม่จำเป็นต้องใช้ทุกครั้ง จัดแสดงปริมาณและค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงในแต่ละเดือนที่บอร์ดประชาสัมพันธ์

2) การใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงในระบบแสงสว่าง การกำหนดนโยบายโดยผู้บริหารในการใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงเช่น หลอดไฟ บัลลาสต์ โคมไฟ ฯลฯ

3) การใช้แสงสว่างธรรมชาติในบริเวณที่เป็นไปได้ สามารถดำเนินการใช้แสงสว่างธรรมชาติและปิดโคมไฟฟ้าแสงสว่างโดยดำเนินการ เช่น เปิดมู่ลี่ หรือผ้าม่านในช่วงกลางวัน เพื่อใช้แสงสว่างจากภายนอกแทนการเปิดโคมไฟฟ้า บริเวณริมหน้าต่าง เคลื่อนย้ายตู้หรืออุปกรณ์ที่บังแสงสว่างภายนอก

4) การบำรุงรักษาอย่างเหมาะสม ควรมีนโยบายในการจัดทำแผนการบำรุงรักษา และทำความสะอาดโคมไฟฟ้าแสงสว่างตาม ระยะเวลาที่เหมาะสม เช่น ทุก 1 ปี

5) การควบคุมการทำงานระบบแสงสว่างทั้งแบบใช้คนและใช้ระบบควบคุมอัตโนมัติ การอนุรักษ์พลังงานสำหรับมอเตอร์ มีการแบ่งชนิดของมอเตอร์ ทั้งกระแสตรงและกระแสสลับ มีประเภทต่างๆ ของมอเตอร์แต่ละชนิด ซึ่งมอเตอร์เป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการกินกระแสไฟฟ้าหรือพลังงานไฟฟ้าที่ค่อนข้างสูงที่สุด กระแสกระชากตอนเริ่มหมุนก็รุนแรงมากมีผลกับการกินกระแสไฟฟ้า และส่วนต่างๆที่ทำให้เกิดความเสียหายเนื่องจากการกระชากช่วงสตาร์ทหรือช่วงเริ่มเดินของมอเตอร์อย่างยิ่ง จึงมีอุปกรณ์ในการช่วยเริ่มเดินหลากหลายประเภท และอุปกรณ์ช่วยควบคุมความเร็วของมอเตอร์ มอเตอร์จะมีความสูญเสียที่ขดลวด ความสูญเสียที่แกนเหล็ก ความสูญเสียจากแรงลมและแรงเสียดทาน และ ความสูญเสียขั้วโพลด ดังนั้นประสิทธิภาพของมอเตอร์จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องการเพิ่มประสิทธิภาพของมอเตอร์ให้สูงขึ้น แต่ก็ต้องมีผลกระทบต่อราคาที่สูงมากของมอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเช่นกัน ดังนั้นต้องมีการเลือกขนาดมอเตอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งาน การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังถือเป็นเรื่องสำคัญที่จะมีผลทำให้ผู้ประกอบการมีส่วนทำให้สูญเสียเงินค่าชดเชยน้อยลง หรืออาจจะไม่สูญเสียเงินจากการใช้มอเตอร์จำนวนมากๆ เพราะมีการใช้คาปาซิเตอร์แบงค์ เพื่อชดเชยค่าตัวประกอบกำลัง เพื่อให้มีค่าตัวประกอบกำลังสูงเกินระดับที่ไม่ต้องเสียค่าชดเชยในส่วนนี้

การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศ

ระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศที่จำเป็นต้องใช้มอเตอร์เป็นหลัก ท่านจะได้เรียนรู้ การผลิต การใช้งาน การหาประสิทธิภาพ การหาสมรรถนะ และการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็น และระบบอัดอากาศ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประหยัดพลังงาน แน่นนอนอย่างที่สุดหากระบบต่างๆนี้มีการรั่วหรือการสูญเสียมากๆ ก็จะมีผลกับการใช้พลังงานอย่างมาก ระบบปรับอากาศ ระบบทำความเย็นและระบบอัดอากาศจำเป็นต้องใช้มอเตอร์ ดังนั้นมอเตอร์ที่ใช้กับระบบปรับอากาศและระบบอัดอากาศจึงจำเป็นต้องมีการคำนึงถึงเรื่องต่างๆ เพื่อความเหมาะสมและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

การจัดการพลังงานโดยการควบคุมกำลังไฟฟ้า โดยการแยกประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าและ ส่วนประกอบของค่าไฟฟ้า ได้ดังนี้

1. ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

เฉพาะในหัวข้อนี้ขอแบ่งลำดับหัวข้อย่อยตามที่การไฟฟ้านครหลวงและการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนดไว้ เพื่อให้หมายเลขของประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าตรงตามใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า ในการคิด อัตราค่าไฟฟ้า การไฟฟ้าได้จำแนกผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 7 ประเภท ได้แก่

- ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย
- ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก
- ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง
- ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่
- ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง
- ประเภทที่ 6 ส่วนราชการ และองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร
- ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

การใช้หม้อแปลงไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ

นิยามของหม้อแปลง หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าสำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้าจากแรงดัน ค่าหนึ่งไปยังแรงดันอีกค่าหนึ่ง เช่น แปลงแรงดันจากระบบจำหน่าย (Distribution System) 3 เฟส 3 สาย ที่ระดับแรงดัน 12 kV หรือ 24 kV ของการไฟฟ้านครหลวง หรือ 22 kV หรือ 33 kV ของ การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เป็นแรงดันใช้งาน (Utilization Voltage) 240/416 V 3 เฟส 4 สาย ในพื้นที่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี และสมุทรปราการ หรือ 230/400 V, 3 เฟส 4 สาย ในพื้นที่ส่วนที่เหลือ ของประเทศไทย ต้องมีการคำนึงถึงเรื่องกำลังสูญเสีย การจัดการแต่ละเฟส แต่ละหม้อแปลง และ ประสิทธิภาพของหม้อแปลงเป็นสำคัญ

การตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า โดยใช้มิเตอร์วัดกระแส วัดแรงดัน วัดกำลังไฟฟ้า การบันทึก และการนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ เพื่อหาวิธีหรือกระบวนการในการบริหารจัดการ

หลักการบริหารจัดการด้านพลังงาน (Concept of Energy Management)

การที่จะบริหารและจัดการเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้เกิดผลอย่างจริงจัง และมีผลอย่าง ยั่งยืน จำเป็นต้องวางระบบในการดำเนินงานที่เหมาะสม และปฏิบัติอย่างต่อเนื่องด้วยความตั้งใจ เข้าใจ สนใจ และร่วมใจกันทุกฝ่าย ตั้งแต่ผู้บริหารระดับสูงลงไป ซึ่งเป็นผู้ที่จะวางนโยบายและ เป้าหมาย การมอบหมายงานให้ผู้รับผิดชอบ พร้อมทั้งกำหนดแผนงาน เพื่อให้เกิดผลตามวัตถุประสงค์ ตลอดไป องค์กรประกอบในการบริหารและจัดการที่จะทำให้เกิดผลจริง ๆ นั้น จำเป็นต้องมีผู้รับผิดชอบ

โครงการที่มีความรู้และความเข้าใจในการอนุรักษ์พลังงานอย่างแท้จริง พร้อมทั้งถ่ายทอดความรู้และทัศนคติต่าง ๆ สู่บุคคลอื่นทุกๆ คนที่อยู่ในองค์กร เพราะการอนุรักษ์พลังงานมิใช่จะให้คนใดคนหนึ่งเป็นผู้ปฏิบัติ เป็นหน้าที่ร่วมของทุกคนในองค์กรนั้น ถ้าหากขาดความเข้าใจอันถูกต้อง ขาดความร่วมมืออย่างจริงจังแล้ว ยากที่จะบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ได้

ดังนั้นการอนุรักษ์นี้นอกจากจะเป็นศาสตร์หนึ่งแล้วในเชิงการปฏิบัติจริง ๆ จะต้องมีการมีศิลปะมาเกี่ยวข้องเพราะการอนุรักษ์มีมนุษย์เกี่ยวข้องอยู่ จำเป็นต้องมีศิลปะในการจูงใจ หรือเปลี่ยนแปลงปรับปรุง จะใช้ระบบหรือกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งถือปฏิบัติตายตัวอยู่ตลอดไปไม่ได้

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ

การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการ 2015 Sukhothai Thammathirat open University อ้างอิงที่ www.stou.ac.th/stouonline/lom/data/sec/Lom14/reference.html การศึกษาความเป็นไปได้ของโครงการหรือการวิเคราะห์โครงการในด้านต่างๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าโครงการที่เลือกมานั้นมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ มีผลตอบแทนหรือผลประโยชน์ที่คุ้มค่าต่อการลงทุนและสามารถใช้ทรัพยากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมและสังคมตามมาในภายหลังและสามารถทำให้บรรลุได้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ภายใต้ข้อจำกัดทางด้านงบประมาณและเวลา ดังนั้นการศึกษาคือความเป็นไปได้ของโครงการจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือตลาด ทางด้านเทคนิค ทางด้านการเงินและเศรษฐศาสตร์ ทางด้านการบริหารจัดการ ทางด้านสังคม และสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็โครงการของภาครัฐหรือภาคเอกชน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะของแต่ละโครงการ

สำหรับโครงการของภาคเอกชนที่เน้นกำไรสูงสุด ก็จะทำให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์โครงการทางการเงิน ทางด้านการตลาด เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจก่อนที่จะลงทุนในโครงการต่างๆ โดยทั่วไปมักเริ่มจากการวิเคราะห์โครงการทางด้านอุปสงค์หรือตลาด เพื่อให้แน่ใจได้ว่าสินค้าหรือบริการที่โครงการจะสร้างขึ้นมานั้นเป็นที่ต้องการของตลาดมากน้อยแค่ไหน เพื่อจะได้กำหนดขนาดที่เหมาะสม และหากเป็นโครงการใหม่ที่ยังไม่เคยทำมาก่อนก็จำเป็นต้องวิเคราะห์โครงการทางด้านเทคนิค เพื่อเลือกหารูปแบบเทคนิคการทำที่มีประสิทธิภาพในการทำ โดยใช้ต้นทุนการทำที่ต่ำ โดยขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของโครงการและนำข้อมูลที่ได้มาประมาณการต้นทุน ค่าใช้จ่ายต่างๆของโครงการและจากนั้นก็ให้นำมาวิเคราะห์โครงการทางการเงินและ เศรษฐศาสตร์เพื่อประมาณการผลตอบแทนที่คาดว่าจะได้รับว่าคุ้มค่าต่อการลงทุนมากน้อยแค่ไหน

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

การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน (Financial Cost-Benefit Analysis: Financial CBA) มีเป้าหมายในการวิเคราะห์เหมือนกัน เป็นเครื่องมือที่ใช้วิเคราะห์ในการจัดสรรทรัพยากรที่มีอยู่ให้มีความคุ้มค่ามากที่สุด การวิเคราะห์โครงการทางการเงิน เป็นการวิเคราะห์ผ่านมุมมองของภาคเอกชน เพื่อตอบคำถามว่าโครงการดังกล่าวมีผลตอบแทนคุ้มค่างกับการลงทุนในทางบัญชี 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)

พหุ ประสิทธิภาพ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. งานวิจัยในประเทศ

ปพฤกษ์บารมี อุตสาหกรรมนิชกิจ (2560) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการบัญชีต้นทุนคุณภาพและผลการดำเนินงานทางการตลาด: หลักฐานเชิงประจักษ์จากธุรกิจที่ได้รับ ISO9000 ในประเทศไทย พบว่า การบัญชีต้นทุนคุณภาพมีผลกระทบเชิงบวกต่อการบริหารงานที่มุ่งเน้นคุณภาพ ภาพพจน์องค์กร การยอมรับของตลาด และผลการดำเนินงานทางการตลาดและการบริหารงานที่มุ่งเน้นคุณภาพมีอิทธิพลเชิงบวกต่อภาพพจน์องค์กรและการยอมรับของตลาดโดยที่ภาพพจน์องค์กรมีผลกระทบเชิงบวกต่อการยอมรับของตลาดและผลการดำเนินงานทางการตลาด และการยอมรับของตลาดมีบทบาทเชิงบวกในการกำหนดผลการดำเนินงานทางการตลาดและการปฏิบัติทางการบัญชีต้นทุนคุณภาพมีความสำคัญสำหรับกิจการในการบริหารจัดการธุรกิจประสบความสำเร็จ ดังนั้น กิจการจะต้องจัดสรรทรัพยากรอย่างเพียงพอในการพัฒนาและการประยุกต์ใช้การบัญชีต้นทุนคุณภาพให้มีประสิทธิผลเพื่อให้บรรลุการดำเนินงานที่ดีในสภาพแวดล้อมทางการแข่งขัน

กัลยา วรรณสวัสดิ์ (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพกับผลการดำเนินงานขององค์กร พบว่า ต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกันและการตรวจสอบมีความสัมพันธ์เชิงลบกับต้นทุนคุณภาพด้านความเสียหายทั้งภายในและภายนอก โดยบริษัทที่มีระดับการลงทุนในต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกัน และการตรวจสอบสูงจะทำให้ต้นทุนคุณภาพด้านความเสียหายทั้งภายในและภายนอกต่ำ ในขณะที่เดียวกันระดับการลงทุนในต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกันและการตรวจสอบก็มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับผลการดำเนินงานขององค์กรด้านความคุ้มค่าจากการลงทุนในต้นทุนคุณภาพ โดยบริษัทที่มีการลงทุนในต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกันและด้านการตรวจสอบสูงจะมีความคุ้มค่าจากการลงทุนในต้นทุนคุณภาพสูงขึ้น และบริษัทควรตระหนักถึงการลงทุนในต้นทุนคุณภาพด้านการป้องกันและการตรวจสอบเพื่อลดต้นทุนทางอ้อมของต้นทุนคุณภาพหรือจากการเสียชื่อเสียงของบริษัทที่มาจากความเสียหายภายในและภายนอก

เบญจวรรณ นิรมิตวสุ, จันทนา จันทโร และไชยะ แซ่มซ้อย (2554) ได้ศึกษาเกี่ยวกับงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้เครื่องมือทางสถิติในการตรวจติดตามการใช้พลังงาน แสดงให้เห็นถึงผลประหยัดที่เกิดจากมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และประเมินประสิทธิภาพในการใช้พลังงานของโรงงานควบคุม เครื่องมือทางสถิติที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ แผนภูมิการกระจาย (Scatter Diagram) และแผนภูมิควบคุมผลรวมสะสม (Cumulative Sum Control Chart หรือ CUSUM Control Chart) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณผลผลิตของโรงงานควบคุมตัวอย่าง จำนวน 34 โรงงาน คือ มีจำนวนโรงงานที่มีผลประหยัดหรือมีความชันของแผนภูมิควบคุมสะสมเป็นลบทั้งสิ้น 21 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 61.76 ของจำนวนโรงงาน

ตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์ และอีก 13 โรงงาน คิดเป็นร้อยละ 38.24 ที่มีความชันของแผนภูมิควบคุม สะสมเป็นบวก หรือไม่มีผลประหยัดพลังงานในจำนวน 21 โรงงานที่ มีผลประหยัด มีร้อยละผล ประหยัดเฉลี่ย 7.52 เมื่อพิจารณาเฉพาะโรงงานที่มีร้อยละผลประหยัดตั้งแต่ร้อยละ 5 ขึ้นไป พบว่า มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่มีความถี่ในการจัดทำมากที่สุด 3 อันดับแรก คือ 1) การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม 2) การใช้สวิตช์ควบคุมการปิด - เปิด 3) บัลลัสต์อิเล็กทรอนิกส์สำหรับหลอดฟลูออ เรสเซนต์ นอกจากนี้แสดงให้เห็นถึงผลประหยัดจากการอนุรักษ์พลังงานแล้ว วิธีการในงานวิจัยนี้ยังสามารถใช้ในการกำหนดเป้าหมายใน การอนุรักษ์พลังงานของโรงงานได้ด้วยการจัดการพลังงานที่ดี โดยการตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงานอย่างเหมาะสม เป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถ ช่วย ประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรม

พรวิมล ระวันประโคน และสมบัติ ท้ายเรือ (2563) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ แนวคิด การ วิจัยที่มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อสร้างแบบทดสอบการคิดอภิमानแบบอัตนัยพหุมิติ 2) เพื่อสร้างเกณฑ์ การให้คะแนนแบบทดสอบการคิดอภิमानแบบอัตนัยพหุมิติ และ3) เพื่อหาคุณภาพแบบทดสอบการ คิดอภิमानแบบอัตนัยพหุมิติ ประชากร เป็น นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาในภาค ตะวันออกเฉียงเหนือ จำนวน 1,222 คน จาก 29 โรงเรียน ได้มาโดยการสุ่มอย่างง่ายโดยใช้โรงเรียน เป็นหน่วยการสุ่ม เครื่องมือที่ใช้ เป็นแบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิमानด้วยข้อสอบอัตนัย แบบพหุมิติ จำนวน 9 ข้อ สถิติที่ใช้ คือ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์ องค์ประกอบเชิงยืนยัน (Confirmatory Factor Analysis) การคำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร สัมประสิทธิ์แอลฟาและวิธีการวิเคราะห์พหุมิติ ใช้ค่าความเชื่อมั่น EAP Reliability โมเดลพหุมิติ Multidimensional Random Coefficients Multinomial Logit Model (MRCMLM) ผลการวิจัย พบว่า 1) แบบทดสอบการคิดอภิमानแบบอัตนัยพหุมิติมีจำนวนทั้งสิ้น 9 ข้อ มีองค์ประกอบทั้งสิ้น 6 องค์ประกอบ 2) เกณฑ์การให้คะแนนแบบทดสอบการคิดอภิमानแบบอัตนัยพหุมิติ มีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด($x = 267$, S.D. = 0.02) และค่าความเชื่อมั่น (Inter-Rater Reliability: IRR) เท่ากับ .9943) แบบทดสอบวัดความสามารถการคิดอภิमानแบบอัตนัยพหุมิติ มีคุณภาพด้าน 3.1) ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง จากการวิเคราะห์พหุมิติ พบว่าโมเดลการคิดอภิमानแบบพหุมิติมีความ เหมาะสมกว่าโมเดลเอกมิติ และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันโมเดลมีความสอดคล้องกับข้อมูล เชิงประจักษ์มีค่าสถิติไคสแควร์ เท่ากับ 3.972(df = 3, p = .265) GFI = .995, GFI = .985, RMR = .0048, RMSEA = .0163 3.2) ค่าชั้นความยาก

วิทยา อินทร์สอน และชูชาติ พยอม (2557) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ แนวคิดการพัฒนาใช้ ต้นทุนคุณภาพในงานอุตสาหกรรม พบว่า ต้นทุนคุณภาพด้านความเสียหายมีความสัมพันธ์กับชื่อเสียง

และความน่าเชื่อถือขององค์กร ผู้ประกอบการจึงควรตระหนักถึงการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องเพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับองค์กร และสร้างความน่าเชื่อถือให้กับตัวผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ให้ตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะส่งผลดีทั้งต่อกิจการ

เสกสรร สุธรรมานนท์ (2556) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับ โรงงานผลิตประเก็นสำเร็จรูป พบว่า การประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานผลิต ต้นทุนการตรวจสอบหรือต้นทุนการประเมินมีอิทธิพลต่อระดับคุณภาพของการผลิตสินค้ามากที่สุด ดังนั้นหากโรงงานต้องการ ลดหรือเพิ่มระดับคุณภาพสมควรให้ความสำคัญกับประสิทธิภาพการตรวจสอบ รับเข้าวัตถุดิบ การตรวจสอบ เครื่องมือวัด การตรวจสอบระหว่างกระบวนการผลิต การตรวจสอบ ขั้นตอนสุดท้ายและการตรวจรับรองระบบ ISO 9000 ก่อนที่จะพิจารณาปัจจัยต้นทุนด้านอื่นๆในการผลิตสินค้า

อภิญญาภรณ์ อินทวงษ์ (2563) 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 โดยวิธีเคลื่อนย้ายพายุฝนพบว่า พายุฝนที่ให้ค่า PMP สูงสุดสำหรับช่วงเวลา 1 วัน 2 วัน และ 3 วัน ได้แก่ พายุตีเปรสชันรหัส 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

A. Lari and Asllani (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบการบริหารต้นทุนคุณภาพ: เครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพขององค์กร พบว่า ระบบต้นทุนคุณภาพเป็นตัววัดประสิทธิภาพสำหรับกระบวนการปฏิบัติงานที่สามารถส่งผลให้องค์กรมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น และช่วยเสริมสร้างกระบวนการปฏิบัติงานในการปรับปรุงองค์กร และช่วยปรับปรุงกิจกรรมการบริการที่จะเพิ่มความพึงพอใจของลูกค้า และระบบการบริหารต้นทุนคุณภาพสามารถช่วยในกระบวนการตัดสินใจร่วมกับการรวบรวมและการวิเคราะห์ ให้กับฝ่ายบริหารใช้เป็นข้อเสนอแนะการออกแบบและปรับปรุงการกระบวนการปฏิบัติงานประสิทธิภาพและสามารถเชื่อมโยงระบบการบริหารมาตรฐานคุณภาพ ISO 9001 ด้านการจัดการคุณภาพให้กับองค์กรได้

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

Bo Wang, Payman Dehghanian, Shiyuan Wang and Massimo Mitolo (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ กฎระเบียบด้านความปลอดภัยหลายประการ โดยเฉพาะการชาร์จไฟของยานพาหนะไฟฟ้า (EV) ได้รับการพัฒนาขึ้นเพื่อให้มั่นใจในความปลอดภัยทางไฟฟ้าและป้องกัน

อุบัติเหตุอันตราย ซึ่งข้อกำหนดด้านความปลอดภัยสำหรับอุปกรณ์จ่ายไฟฟ้า EV (EVSE) และแบตเตอรี่ EV เป็นปัจจัยขับเคลื่อนหลักสองประการ ในปัจจุบัน การประเมินความปลอดภัยทางไฟฟ้าในเชิงปริมาณโดยพิจารณาจากสภาพการทำงานของสถานีชาร์จ EV ขนาดใหญ่ (EVCS) ยังคงเป็นความท้าทาย บทความนี้นำเสนอแนวทางแบบองค์รวมเพื่อประเมินความปลอดภัยทางไฟฟ้าของ EVCS ขนาดใหญ่เมื่อใช้ควบคู่กับการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนซึ่งขับเคลื่อนโดยลำดับชั้นของกลไกควบคุมอันตราย แนวทางของเรามุ่งเน้นไปที่หัวข้อต่างๆ เกี่ยวกับความปลอดภัยในการปฏิบัติงานของ EVCS เป็นหลัก

C.K. Cheung, R. J. Fuller and M. B. Luther (2004) Energy Efficient Envelope Design for High-Rise Apartments ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิด พลังงานที่จำเป็นในการสร้างสภาพแวดล้อมที่สะดวกสบายในเมืองที่มีความหนาแน่นสูงในสภาพอากาศร้อนและชื้นมักต้องการการใช้ไฟฟ้าจำนวนมากพร้อมกับภาระด้านสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง 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 (2000: บทคัดย่อ) 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) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การปฏิบัติงานของเครื่องมือเสมือน (VI) ที่ใช้เหตุผลตามกรณี (CBR) ซึ่งออกแบบมาเพื่อตรวจสอบคุณภาพกำลังไฟฟ้าทางออนไลน์ เครื่องมือที่ทำงานบนพีซีจะรับข้อมูลผ่านบอร์ด DAQ และโพรบส่วนต่าง ในขณะที่ยังคงความประหยัดด้วยการกำจัดการสร้างเครือข่ายและฮาร์ดแวร์เพิ่มเติม มีความยืดหยุ่น แสดงอินเทอร์เฟซที่ใช้งานง่ายและความจุข้อมูลขนาดใหญ่ เนื่องจากใช้ฮาร์ดดิสก์ การคำนวณของเครื่องมือนี้จึงตามสถิติอันดับสาม

และสี่ (พร้อมกับความแปรปรวน) อนุกรมเวลาสามค่านี้ประกอบด้วยความแปรปรวน ความเบ้ และ วิวัฒนาการของคอรีโทซิส และถือเป็นการป้อนข้อมูลสามเท่าในโมดูล CBR ที่เป็นนวัตกรรมใหม่ ซึ่งสามารถแยกแยะความผิดปกติทางไฟฟ้าในท่ามกลาง (ลำดับที่หกสงวนไว้สำหรับสัญญาณที่ดีต่อสุขภาพ): ไม่ใช่ -50Hz, 50-Hz-อสมมาตร, 50-สมมาตรไม่ใช่ไซน์ซอซด์, บวมและลดลง การทดสอบ การเฝ้าระวังออนไลน์ที่พัฒนาขึ้นบนเครือข่ายไฟฟ้าในพื้นที่แสดงความแม่นยำที่ยอมรับได้ (96%)

Jerry J. Vaske, Jay Beaman and Carly C. Sponarski (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ อัลฟาของ Cronbach ประเมินความสอดคล้องภายในของการตอบสนองในระดับสองชั่วหลาย รายการ บทความนี้ตรวจสอบคำถามการวิจัยสามข้อ (RQ): (1) มีความคลาดเคลื่อนในข้อมูลมากน้อย เพียงใด (เช่น คำตอบของ -2 -2 2 2) (2) จำนวนของมาตราส่วนมีผลต่อปริมาณของความไม่ สอดคล้องกันหรือไม่? (3) มาสก์อัลฟาของ Cronbach ไม่สอดคล้องกันหรือไม่? ได้ข้อมูลจาก 29 โครงการวิจัย (n = 10,616) แบบสำรวจแต่ละครั้งมีคำถามเกี่ยวกับสถานที่ซึ่งประกอบไปด้วยสอง แนวคิด ได้แก่ เอกลักษณ์ของสถานที่และการพึ่งพาสถานที่ ผู้ตอบถูกจัดประเภทว่าสอดคล้องหรือไม่ สอดคล้องกันตามคำตอบของพวกเขาต่อคำถามที่แนบมากับสถานที่ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า: (a) มี รูปแบบการตอบสนองที่ไม่สอดคล้องกันในข้อมูล (RQ1), (b) จำนวนรายการมาตราส่วนที่มีอิทธิพล ต่อปริมาณความไม่สอดคล้องกัน (RQ2) และ (c) อัลฟापกปิดความไม่สอดคล้องกันเหล่านี้ (RQ3) การอภิปรายมุ่งเน้นไปที่ความหมายของการค้นพบเหล่านี้

L. Moreno-Díaz, E. Romero-Ramos, A. Gómez-Expósito, E. Cordero-Herrera, J. R. Rivero and J. S. Cifuentes (2018: บทความย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ระบบจำหน่ายไฟฟ้าแรงต่ำ กำลังเข้ามามีบทบาทหลัก เนื่องจากการสร้างแบบกระจายจำนวนมาก ความท้าทายที่เกิดจากตัว ดำเนินการใหม่เหล่านี้ ต้องการจากโมเดลเครือข่ายที่เชื่อถือได้ ซึ่งหมายถึงการรู้พารามิเตอร์โดย ละเอียดซึ่งโดยปกติแล้วผู้ผลิตไฟฟ้าและไฟฟ้าหรือผู้ออกแบบระบบสาธารณูปโภคไม่ได้ให้มาที่ระดับ แรงดันไฟฟ้าเหล่านี้ เอกสารนี้ทำการประเมินเปรียบเทียบความถูกต้องจากรุ่นต่างๆ ที่นำมาใช้กับ เครื่องป้อนไฟฟ้าแรงต่ำในการวิเคราะห์ระบบจำหน่าย โมเดลเหล่านี้ได้รับการประเมินสำหรับระดับ ต่างๆ ของความไม่สมดุลและการรุกรุ่นแบบกระจาย ซึ่งเป็นหนึ่งในปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่อาจส่งผลกระทบต่อ ความแม่นยำของโมเดล ผลการจำลองแสดงให้เห็นว่าการเลือกแบบจำลองที่มีความแม่นยำเพียงพอ ตลอดจนอิทธิพลของระบบกรวดที่เป็นกลาง (การแยกตัว การต่อสายดินอิมพีแดนซ์ หรือสายดิน อย่างแน่นอน) อาจมีความสำคัญในบางกรณี ข้อเสนอหลักคือการขาดโมเดลตัวป้อนแบบละเอียด สามารถหลีกเลี่ยงการระบุแรงดันและกระแสเกินขีดจำกัด

M. and Holotaa (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การบริหารและการวิเคราะห์ต้นทุน คุณภาพ พบว่า การวิเคราะห์และการจำแนกต้นทุนในแต่ละกิจกรรมในองค์กรสามารถนำไปปรับปรุง คุณภาพลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ให้มีคุณภาพ ให้กับองค์กรได้ และสามารถวิเคราะห์ต้นทุน บริหารต้นทุน ให้มีประสิทธิภาพ และมีกระบวนการดำเนินงาน กระบวนการผลิต และผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับ สภาวะสภาพการแข่งขันของเศรษฐกิจในปัจจุบัน ทำให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในตัวผลิตภัณฑ์ เกิด ความเชื่อถือในตัวบริษัทและสินค้า ส่งผลต่อคุณภาพโดยรวมขององค์กร และเศรษฐกิจทางการเงิน ของบริษัท

M. A. Choudhry and W. Zada (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาเทคนิคต่างๆ มากมาย เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าและลดต้นทุนในการจัดหาไฟฟ้าให้กับผู้บริโภค ใน บทความนี้ จะนำเสนอเทคนิคต่างๆ สำหรับการคำนวณความจุตัวประกอบกำลังในการตั้งค่า อุตสาหกรรม/เชิงพาณิชย์ขนาดกลาง โหลดต่างๆ ของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าที่คล้ายคลึงกันจะถูกจัด ประเภทและเลือกปัจจัยความต้องการของโหลดเพื่อให้มีเหตุผลทางวิศวกรรม ระบบที่เสนอนี้ทำงาน บนหลักการของการแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแรงต่ำ ซึ่งช่วยลดค่าไฟฟ้าได้อย่างมากและเพิ่ม ความสามารถในการโหลดของระบบไฟฟ้า ช่วยให้ผู้บริโภคในเชิงพาณิชย์และอุตสาหกรรมสามารถ ประหยัดค่าไฟฟ้าได้อย่างมาก งานนี้เสริมด้วยแอปพลิเคชันซอฟต์แวร์ ซึ่งใช้อินพุตเพียงเล็กน้อยและ ให้ผลลัพธ์ที่มีประโยชน์มากมาย การใช้ระบบนี้ช่วยผู้ใช้ในการคำนวณความสามารถในการชดเชย ระบบ KVA (ขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า) และต้นทุนการชดเชย คุณลักษณะของระบบนี้คือการ คาดการณ์ค่าปรับ PF ต่ำ นอกจากนี้ยังแนะนำระยะเวลาคืนทุนเบื้องต้น

M. A. Farooq (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ต้นทุนด้านคุณภาพการประเมินการปรับลด ค่าใช้จ่ายที่มีคุณภาพสำหรับกลยุทธ์การตรวจสอบของกระบวนการผลิต พบว่า ต้นทุนคุณภาพ เป็น กลยุทธ์การตรวจสอบคุณภาพการผลิต ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ คือต้นทุนการประเมิน ต้นทุน การตรวจสอบ ต้นทุนความผิดพลาด ซึ่งพบว่า ต้นทุนการตรวจสอบไม่สอดคล้องกับต้นทุนความ ผิดพลาด และต้นทุนการตรวจสอบเหมาะที่ใช้เป็นกลยุทธ์เพื่อบริหารต้นทุน และเพื่อปรับปรุงคุณภาพ และมีส่วนช่วยในการพัฒนาด้านต้นทุนคุณภาพสำหรับการผลิต และเป็นกลยุทธ์ในการช่วยจัดการ วางแผนในการตัดสินใจในอนาคต เพื่อลดต้นทุนในการปรับปรุงคุณภาพการผลิต และปรับปรุง คุณภาพของกระบวนการผลิตในอนาคตของอุตสาหกรรมเพื่อประเมินความถูกต้องของกรอบการ ทำงาน

Martin Lundmark (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ แนวคิดของโซนการออกแบบการติดตั้ง แรงดันต่ำพิจารณาการแพร่กระจายของเสียงประสานความถี่สูง (The Zone Concept Design of Low-Voltage Installations Considering the Spread of High Frequency harmonics) การใช้พลังงานไฟฟ้าได้กลายเป็นกระดูกสันหลังของความทันสมัยสังคม ประกอบกับการเติบโตของการใช้ไฟฟ้าที่เป็นไปได้พลังงานเรายังเห็นการเติบโตของจำนวนอุปกรณ์และความสนใจการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นทางเลือกที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมแหล่งพลังงานอื่นๆ อุปกรณ์ไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้าพัฒนาต่อไปผลิตภัณฑ์ที่ประหยัดพลังงานและใช้เทคโนโลยีมากขึ้นในเวลาเดียวกันกับที่คุณภาพไฟฟ้าได้รับผลกระทบเช่นกันแรงการใช้พลังงานอิเล็กทรอนิกส์ฮาร์โมนิกส์ (LF ฮาร์โมนิกส์ได้มากถึง ประมาณ 2 kHz) เป็นเรื่องสำคัญสำหรับทั้งวิศวกรและ นักวิจัย รวมถึงแหล่งกำเนิดผลกระทบและการแพร่กระจายของวิทยาศาสตร์เสียงดนตรีสถานการณ์ที่มีอยู่คือฮาร์โมนิกส์ HF (สูงกว่า 2 kHz) คือการทำหน้าที่ของประสานเสียง LF เป็นพื้นที่ของความกังวลในระบบไฟฟ้าเช่นเดียวกับอุปกรณ์สำหรับผู้ใช้งาน แรงผลักดันเบื้องหลังระดับฮาร์โมนิก HF ที่เพิ่มขึ้นนั้นเพิ่มขึ้นแนะนำผลิตภัณฑ์ประหยัดพลังงานและเทคโนโลยีขั้นสูงและแตกดันพ้อข้อ จำกัด ของฮาร์โมนิก LF ในหมู่คนอื่น ๆ ที่ใช้ตัวแปลงที่ใช้งานอยู่กลุ่มวิจัยที่ Lulea มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีซึ่งผู้เขียนวิทยานิพนธ์นี้เป็นหนึ่งในไม่กี่กลุ่มในโลกที่ได้ศึกษาแง่มุมต่าง ๆ ของฮาร์โมนิก HF ด้วยเหตุผลหลายประการได้รับการระบุสำหรับการขาดการวิจัยในเรื่องนี้ การพัฒนาด้านเทคโนโลยี การขาดการวัดที่เหมาะสมอุปกรณ์และที่สำคัญที่สุดคือความจริงที่ว่าเรื่องนี้ต้องมีปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ซึ่งเป็นหนึ่งในประเด็นหลักของความกังวลสำหรับ LF ฮาร์โมนิกส์ยังเป็นปัญหาของฮาร์โมนิกส์ HF ด้วยเช่นกันความถี่ที่สูงขึ้นซึ่งมีประสบการณ์และการวัดที่เหมาะสมอุปกรณ์หายไป ปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ในความถี่นี้นักวิจัยคนอื่นได้รับการระบุว่าไม่มีผล แต่เกี่ยวข้องกับ DC การแจกจ่ายหรือเกี่ยวกับการทดสอบอุปกรณ์ Common โหมดปรากฏการณ์เรโซแนนซ์ในการจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ำ AC ในวิทยานิพนธ์นี้ในขณะที่มีการศึกษาการสั้นพ้องแบบดิฟเฟอเรนเชียลใน a โครงการคู่ขนานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อแสดงที่มากการแพร่กระจายผลกระทบและการรักษาฮาร์โมนิก HF เมื่อเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ที่ทันสมัยการกระจายพลังงานแรงดันต่ำ คำอธิบายจะขึ้นอยู่กับความรู้ที่มีอยู่เกี่ยวกับ LF ฮาร์โมนิกส์และงานต่อเนื่องทั่วโลกบน EMC อุปกรณ์สำหรับผู้ใช้งานและการกระจายพลังงานหัวข้อของวิทยานิพนธ์ “แนวคิดของโซนการออกแบบแรงดันไฟฟ้าต่ำพิจารณาการแพร่กระจายของฮาร์โมนิกความถี่สูง” ซึ่งได้เลือกให้เน้นย้ำถึงความต้องการแม่เหล็กไฟฟ้าความเข้ากันได้และคุณภาพพลังงานสูง สิ่งนี้สามารถทำได้ผ่านการทำงานร่วมกันระหว่างอุปกรณ์ของผู้ใช้และอุปกรณ์ไฟฟ้าการติดตั้ง ส่วนสำคัญในแนวคิดโซนคือข้อ จำกัด

ของการแพร่กระจายของฮาร์มอนิก HF ผ่านตัวกรองอนุกรมซึ่งอาจเป็นพลังงานหม้อแปลงและผ่าน องค์ประกอบปิดเพื่อป้องกันระดับสูงของรบกวนโดยเฉพาะอย่างยิ่งเนื่องจากเสียงสะท้อน องค์ประกอบปิดดังกล่าวใกล้เคียงเส้นทางปัจจุบันโดยการลดความต้านทานใน HF ฮาร์มอนิกช่วง ความถี่และสามารถช่วยในการป้องกันปรากฏการณ์ เรโซแนนซ์ด้วยแนะนำการสูญเสียที่ใช้งานมัน แสดงให้เห็น ต่อไปนี้วิทยานิพนธ์นี้ว่าหลายวิธีที่จะจำกัด HF ฮาร์มอนิก เช่น หม้อแปลงสามารถใช้ เพื่อ จำกัด ฮาร์มอนิก LF ข้อมูลจากสาขาวิชาวิศวกรรมต่าง ๆ อิเล็กทรอนิกส์ความเข้ากันได้ทาง แม่เหล็ก ไฟฟ้า (EMC) และวิศวกรรมพลังงานไม่กี่ปีที่ผ่านมาได้เห็นการเติบโตอย่างรวดเร็วในความ สนใจในพื้นที่กับบริษัทและมหาวิทยาลัยหลายแห่งติดต่อกลุ่มของเรา

Monedero I, Leon C and Ropero J. (2007) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การตรวจสอบ คุณภาพไฟฟ้า (PQ) เป็นบริการที่จำเป็นซึ่งระบบสาธารณูปโภคจำนวนมากดำเนินการสำหรับลูกค้า อุตสาหกรรมและลูกค้าเชิงพาณิชย์รายใหญ่ การตรวจจับและจำแนกรบกวนทางไฟฟ้าที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหา PQ เป็นงานที่ยากซึ่งต้องใช้ความรู้ทางวิศวกรรมระดับสูง บทความนี้ นำเสนอระบบใหม่ที่ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการจำแนกรบกวนทางไฟฟ้าแบบเรียลไทม์ นอกจากนี้ ได้มีการพัฒนาเครื่องกำเนิดรูปแบบไฟฟ้าเพื่อสร้างสัญญาณรบกวนทั่วไปซึ่งสามารถพบได้ ในโครงข่ายไฟฟ้า ตัวแยกประเภทได้รับผลลัพธ์ที่ยอดเยี่ยม (สำหรับทั้งรูปแบบการทดสอบและการ ทดสอบภาคสนาม) ส่วนหนึ่งเป็นเพราะการใช้เครื่องกำเนิดนี้เป็นเครื่องมือในการฝึกอบรมสำหรับ โครงข่ายประสาทเทียม ระบบประสาทถูกรวมเข้ากับเครื่องมือซอฟต์แวร์สำหรับพีซีที่มีฮาร์ดแวร์ เชื่อมต่อสำหรับการรับสัญญาณ เครื่องมือนี้ทำให้สามารถตรวจสอบสัญญาณที่ได้รับและการรบกวนที่ ระบบตรวจพบได้

Md. Ashiquzzaman, Kazi Farjana Nasrin, Tuhin Ahmed and Md. Neamul Bari Masum (2018) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวความคิด การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้าที่ทันสมัย ของอาคารสูงโดยใช้ระบบเดินสายไฟ Busbar Trucking ที่เสนอและระบบวิเคราะห์ความผิดพลาด สำหรับมุมมองของบังคลาเทศ เป็นวารสารระหว่างประเทศของวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์สห สาขาวิชา 9, ไม่ 6, มิถุนายน 2018 [ISSN: 2045-7057] www.ijmse.org 24 บทคัดย่อ - ในงานวิจัย นี้เพื่อสร้างการออกแบบไฟฟ้าที่ทันสมัยและการติดตั้งอุปกรณ์ของอาคารสูงสองเครื่องใหม่ได้รับการ เสนอ สิ่งแรกคือการใช้ระบบ Busbar Trucking (BBT) สำหรับสายการกระจายหลักแทนระบบการ เดินสายทั่วไปเพื่อให้การป้องกันที่สูงขึ้นมากกระบวนการติดตั้งง่ายลดต้นทุนเวลาพื้นที่และการจัดการ บำรุงรักษา ประการที่สองคือการวิเคราะห์ข้อผิดพลาดอย่างต่อเนื่องและการตรวจสอบโดยใช้อุปกรณ์

SICAM Q100 ซึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงเพื่อให้แน่ใจว่าปลอดภัยยิ่งขึ้นสำหรับการตรวจสอบคุณภาพพลังงานที่จะได้รับภาพวิเคราะห์และส่งตัวแปรไฟฟ้าที่วัดเช่นกระแส AC แรงดันไฟฟ้า AC ความถี่พลังงาน ฮาร์โมนิกส์ ฯลฯ ตัวแปรที่วัดได้สามารถส่งออกไปยังคอมพิวเตอร์หรือศูนย์ควบคุมผ่านทาง การติดต่อสื่อสารหรือแสดงบนจอแสดงผล มีการวาดภาพไฟฟ้าทั้งหมดใน AutoCAD สถานีย่อยทั้งหมดสำหรับอาคารสูงได้รับการออกแบบตามภาระการคำนวณของอาคาร สำหรับการป้องกันอาคาร MCB และ MCCB ที่เหมาะสมซึ่งได้รับการติดตั้งตามปริมาณงาน เพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากไฟไหม้เครื่องตรวจจับอัคคีภัยและระบบเตือนภัยพร้อมติดตั้งระบบประปาทันที การเชื่อมต่อไฟฟ้าทั้งหมดได้รับการออกแบบตามรหัสแห่งชาติอาคารบังคลาเทศ 2014 (BNBC)

Muscas C. (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ในระบบพลังงานไฟฟ้า อาจมีการรบกวนในแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายและกระแสไหลที่ผู้ใช้ดึงออกมา การรบกวนเหล่านี้เกิดขึ้นเมื่อความถี่และแอมพลิจูดไม่เท่ากับค่าที่ระบุที่สอดคล้องกัน เมื่อมีรูปคลื่นที่ไม่ใช่ไซน์ และเมื่อมีองค์ประกอบเชิงลบและลำดับศูนย์ในระบบสามเฟส คุณภาพกำลังไฟฟ้า (PQ) เป็นนิพจน์ทั่วไปที่ใช้ในการอธิบายลักษณะการรบกวน เอกสารนี้นำเสนอภาพรวมของวิธีการและเครื่องมือที่ใช้ในปัจจุบันในการวัด PQ และกิจกรรมการวิจัยบางอย่างเพื่อปรับปรุงให้ดีขึ้น

Nadtoka I I, Pavlov A V and Novikov S I. (2013) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ องค์การออกแบบใช้โหลดเฉพาะเชิงบรรทัดฐานในการคำนวณพลังงานที่ใช้โดยอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ แนวปฏิบัติในการสร้างและใช้งานระบบจ่ายไฟในเมืองได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีส่วนใหญ่ โหลดจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณได้ 1.5–2 เท่า จำเป็นต้องมีการแก้ไขค่าโหลดมาตรฐานโดยพิจารณาจากการวัดโปรไฟล์กำลังในการทดลอง เครือข่ายเคเบิลที่สร้างขึ้นใหม่และสถานีหม้อแปลงไฟฟ้า 10/0.4 kV อันที่จริงแล้วกลายเป็น underloaded ยิ่งไปกว่านั้น การโหลดที่น้อยเกินไปนี้ทำให้หม้อแปลงแทบไม่ทำงานที่ 50% ของความจุในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด การตายของการลงทุนสำหรับบริษัทโครงข่ายไฟฟ้านั้นชัดเจน เนื่องจากหลังจากการพัฒนาไซต์งานที่ใกล้ที่สุด แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะเชื่อมต่อผู้บริโภครายใหม่

Nadtoka I I and Pavlov A V. (2014) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ องค์การออกแบบใช้โหลดเฉพาะเชิงบรรทัดฐานในการคำนวณพลังงานที่ใช้โดยอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ แนวปฏิบัติในการสร้างและใช้งานระบบจ่ายไฟในเมืองได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีส่วนใหญ่โหลดจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณได้ 1.5–2 เท่า การโหลดที่น้อยเกินไปนี้ทำให้หม้อแปลงแทบไม่ทำงานที่ 50% ของความจุในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด มีการลงทุนที่สูงเกิน

Nadtoka I I and Pavlov A V. (2015: บทคัดย่อ) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การพัฒนาให้เกิดความเที่ยงตรงแม่นยำในส่วนรายการคำนวณโหลดทางไฟฟ้าของอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ

Nina Zheng Khanna, Jin Guo and Xinye Zheng. (2016) ความต้องการไฟฟ้าที่อยู่อาศัยของจีนเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็วในช่วงสามทศวรรษที่ผ่านมาและจากการคาดการณ์ว่าจะเติบโตอย่างต่อเนื่องการจัดการด้านอุปสงค์ (DSM) สามารถมีส่วนสำคัญในการลดความต้องการไฟฟ้าด้วยการใช้ข้อมูลระดับจุลภาคที่รวบรวมจาก 1450 ครัวเรือนใน 27 ผลการสำรวจการใช้พลังงานที่อยู่อาศัยของจีนครั้งแรกในปี 2555 การศึกษานี้ใช้การวิเคราะห์เชิงประจักษ์เพื่อประมาณผลกระทบของมาตรการ DSM สามประการ ได้แก่ การกำหนดราคาไฟฟ้าในครัวเรือนตามลำดับขั้นโปรแกรมฉลากพลังงานของจีนและ กลไกการตอบรับข้อมูล เราพบว่ามาตรการเหล่านี้มีส่วนในการควบคุมการเติบโตของความต้องการไฟฟ้าที่อยู่อาศัย แต่จำเป็นต้องมีการปฏิรูปนโยบายเพิ่มเติมและเครื่องมือเพื่อเพิ่มประสิทธิผลและผลกระทบ ความต้องการไฟฟ้าที่อยู่อาศัยพบว่าเป็นราคาและรายได้ที่ไม่ยืดหยุ่นและการกำหนดราคาแบบฉัตรเพียงอย่างเดียวอาจไม่ได้ผลในการอนุรักษ์ไฟฟ้า ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างตู้เย็นที่มีประสิทธิภาพของ China Energy Label แต่ไม่ใช่โทรทัศน์และการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัยที่ลดลงสะท้อนถึงประสิทธิผลของโปรแกรมแบบผสม สุดท้ายของความคิดเห็นของข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบันผ่านค่าไฟฟ้าความถี่ในการชำระเงินและมิเตอร์มีเพียงเครื่องอ่านมิเตอร์เท่านั้นที่คาดว่าจะมีนัยสำคัญทางสถิติ มีการระบุผลกระทบเชิงนโยบายและคำแนะนำที่สำคัญสำหรับการเปลี่ยนแปลงมาตรการ DSM ทั้งสามนี้เพื่อขยายผลกระทบต่อการลดการใช้ไฟฟ้าที่อยู่อาศัย

O. A. Akinsanya (2020) การออกแบบทางวิศวกรรมเกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสัญชาตญาณและข้อมูลเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงแนวคิดไปสู่ความเป็นจริงตามวัตถุประสงค์เฉพาะ ปัญหาโดยธรรมชาติคือข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการออกแบบจะส่งผลต่อคุณภาพและประสิทธิภาพของระบบใด ๆ เนื่องจาก Reliability ของระบบได้รับผลกระทบในทุกขั้นตอนในการผลิต ข้อมูลสำหรับการศึกษานี้ได้มาจากการสัมภาษณ์โดยตรงการใช้แบบสอบถามและการทบทวนตัวอย่าง บทความนี้แสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการทบทวนการออกแบบในระยะแรกเพื่อค้นหาข้อบกพร่องที่เป็นไปได้ลดความเสี่ยงของข้อบกพร่องดังนั้นจึงมั่นใจได้ว่าตรงตามข้อกำหนดด้านความทนทานอย่างปลอดภัยใช้งานได้และคุ้มค่า 94% ของการออกแบบที่ตรวจสอบมีข้อบกพร่องอย่างน้อยหนึ่งข้อในขณะที่นักออกแบบประมาณ 33% ไม่ทราบถึงความจำเป็นในการตรวจสอบการออกแบบ

P. A. Scarpino and F. Grasso (2017) การก่อสร้างโรงพยาบาลขนาดใหญ่จำเป็นต้องมีการวิเคราะห์โหลดไฟฟ้าอย่างรอบคอบ เพื่อให้มั่นใจในความน่าเชื่อถือและความพร้อมในการให้บริการแม้ในสภาวะวิกฤต นอกจากนี้ ระบบไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลที่ซับซ้อน มีโหลดที่ไม่เป็นเชิงเส้นจำนวนมาก ซึ่งทำให้เกิดปัญหาด้านคุณภาพกำลังไฟฟ้า (PQ) อย่างมีนัยสำคัญ และสูญเสียความบริสุทธิ์ของรูปคลื่นของวัสดุสิ้นเปลือง แรงดันตกและบวมอาจทำให้อุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนล้มเหลว ปิดเครื่อง และสร้างความไม่สมดุลของกระแสขนาดใหญ่ ผลกระทบเหล่านี้อาจทำให้ลูกค้าเสียค่าใช้จ่ายเป็นจำนวนมากและทำให้อุปกรณ์เสียหาย ดังนั้น เพื่อให้จะให้บริการของโรงพยาบาลอย่างต่อเนื่องและป้องกันความเสียหายของอุปกรณ์ด้วยระดับแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่แตกต่างกัน การกระจายพลังงานแอกทีฟและรีแอกทีฟที่ถูกต้องจะต้องเป็นที่ทราบกันดี เพื่อจุดประสงค์นี้ การวิเคราะห์การไหลของโหลดบนเครือข่ายแรงดันปานกลางและแรงดันต่ำทำให้สามารถกำหนดโปรไฟล์แรงดันไฟฟ้าในบัสทั้งหมดของระบบ และด้วยเหตุนี้กระแสไฟที่ใช้งานและรีแอกทีฟและกระแสไฟลัดวงจรในสาขาต่างๆ เอกสารนี้นำเสนอแนวทางการออกแบบระบบไฟฟ้าของโรงพยาบาลโดยเริ่มจากการจำแนกโหลดไฟฟ้า จากคำจำกัดความของเครือข่ายทอพอโลยีและการคำนวณการไหลของโหลด เพื่อให้แน่ใจว่ามีการกระจายพลังงานแอกทีฟและรีแอกทีฟที่ถูกต้อง และความสมดุลที่แท้จริงในแง่ของการลงทุน และค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ความแปรผันที่มีนัยสำคัญของแรงดันไฟฟ้าที่เกินขีดจำกัดนั้นเกิดจากกระแสพลังงานปฏิริยาขนาดใหญ่และฮาร์โมนิกบนเครือข่าย ซึ่งอาจทำให้สูญเสียแรงดันไฟฟ้า นอกเหนือจากการสูญเสียพลังงานจำนวนมาก โหลดไฟฟ้าที่ไม่สมดุลสูงอันเนื่องมาจากการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าทางการแพทย์ที่ไม่ต่อเนื่องอาจทำให้เกิดพฤติกรรมที่คาดเดาไม่ได้ในเครือข่าย เพิ่มความเสี่ยงที่จะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ที่มีความละเอียดอ่อนที่สุดและการหยุดชะงักโดยไม่คาดคิดและไม่คาดคิด บทความนี้จะเสนอแนะอย่างมากมายสำหรับวิศวกร ช่างเทคนิค และนักออกแบบ เพราะสามารถเป็นเครื่องมือในการจัดทำโครงการออกแบบไฟฟ้าที่ดีที่สุด

R. Amir (2016) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างแนวทางการจัดการต้นทุนและความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SMEs) ในมาเลเซีย จากมุมมองของทรัพยากร เรื่อยืนยันว่าการจัดการต้นทุนเป็นทรัพยากรที่สำคัญในการพัฒนาความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าแนวทางการจัดการต้นทุนมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ของ SME การวิเคราะห์เพิ่มเติมแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์

ระหว่างแนวทางการจัดการต้นทุนกับความสามารถในการแข่งขันของลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์ของ SMEs ซึ่งอาศัยความสามารถในการเป็นผู้ประกอบการ การศึกษานี้มีส่วนทำให้เกิดความเข้าใจถึงผลกระทบของวิปฏิบัติในการบริหารต้นทุนและการเป็นผู้ประกอบการต่อความสามารถในการแข่งขันของ SME ในลำดับความสำคัญเชิงกลยุทธ์

Rodolfo Araneo, Payman Dehghanian and Massimo Mitolo (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ ห้องปฏิบัติการวิชาสภาพแวดล้อมที่ปลอดภัยซึ่งสามารถสอน เรียนรู้ และดำเนินการวิจัยได้ การแบ่งปันหลักการทั่วไป การป้องกันอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นและการบาดเจ็บที่ใกล้จะเกิดขึ้นเป็นเป้าหมายพื้นฐานของสภาพแวดล้อมในห้องปฏิบัติการ อภิปรายถึงความท้าทายต่อความปลอดภัยทางไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการทางวิชาการสมัยใหม่ ซึ่งผู้ใช้อาจสัมผัสกับแรงดันไฟฟ้าสัมผัสที่เป็นอันตราย

S. Apak (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การประสานกระบวนการผลิตและการจัดการกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพในสถานประกอบการอุตสาหกรรม มาตรการแรกที่จะต้องดำเนินการคือการใช้การพัฒนาพร้อมสมัยที่เหมาะสมกับโครงสร้างขององค์กร เพื่อให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมประสบความสำเร็จ ควรกำหนดระบบต้นทุนในแต่ละระบบการผลิตและการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้ระบบการจัดการต้นทุนเป็นพื้นฐานคือการช่วยเพิ่มผลกำไรสูงสุดขององค์กร เพื่อให้บรรลุเป้าหมายนี้ องค์กรร่วมสมัยควรเตรียมพร้อมสำหรับอนาคตด้วยการต่ออายุตัวเองอย่างต่อเนื่องตลอดจนแข่งขันภายใต้สถานการณ์ปัจจุบัน สถานการณ์การแข่งขันที่รุนแรงของโลกปัจจุบันและวงจรชีวิตผลิตภัณฑ์ค่อยๆ สิ้นลง บังคับให้องค์กรต่างๆ บรรลุวัตถุประสงค์ด้านต้นทุน เวลา และคุณภาพไปพร้อม ๆ กัน สถานการณ์ดังกล่าวทำให้ผู้ประกอบการต้องออกสู่ตลาดผลิตภัณฑ์ของตนด้วยต้นทุนที่ต่ำกว่า คุณภาพที่สูงขึ้น และรวดเร็วกว่าคู่แข่ง เพื่อตอบสนองความต้องการและความต้องการของลูกค้า ความสำเร็จนี้สามารถเกิดขึ้นได้โดยใช้ระบบต้นทุนที่ทันสมัย ในการผลิต การศึกษาที่ตรวจสอบการใช้การพัฒนาพร้อมสมัยในการบัญชีต้นทุนในการจัดการต้นทุนเชิงกลยุทธ์

Tatietse T T, Villeneuve P, Ngundam J and Kenfack F. (2002) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การเข้าถึงพลังงานไฟฟ้าจากประชากรจำนวนมากยังคงถูกจำกัดในเมืองของประเทศกำลังพัฒนา ซึ่งมาตรฐานเกี่ยวกับพลังงานที่ติดตั้งและการบริโภคไม่เหมาะสมกับระดับของเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ครัวเรือนเป็นเจ้าของ ในบทความนี้ แคมเมอร์นได้เสนอวิธีการประเมินความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ที่อยู่อาศัยจริงในด้านไฟฟ้า แนวทางนี้ขึ้นอยู่กับข้อกำหนดลักษณะ จำนวน และกำลังของเครื่องใช้ตลอดจนระยะเวลาการทำงาน วิธีการใช้คือการสำรวจที่จัดการให้กับกลุ่มตัวอย่างที่เป็นตัวแทนของครัวเรือน แบบสอบถามโดยละเอียดจะประเมินการบริโภคเฉพาะและกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้ง และยังใช้ใน

การสร้างเส้นโค้งการรับน้ำหนักของครีวเรื่อนอีกด้วย ความต้องการพลังงานไฟฟ้าแตกต่างกันไปตามขนาดของเมือง และภายในเมือง ไปจนถึงรายได้ของครีวเรื่อน พลังงานเฉลี่ยที่ใช้ต่อที่อยู่อาศัยคิดเป็นน้อยกว่าครึ่งหนึ่งของค่าที่กำหนดโดยบรรทัดฐานปัจจุบัน หากดำเนินการ วิธีการดังกล่าวจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการลงทุนและการดำเนินงานของเครือข่าย กราฟโพลต์ที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่ากำลังขั้วสูงสุดถูกบันทึกในตอนเย็น และความต้องการในครีวเรื่อนนั้นคิดเป็นส่วนใหญ่ กลยุทธ์ที่เสนอนี้จะช่วยลดต้นทุนด้านพลังงานไฟฟ้า ดังนั้นจึงน่าสนใจสำหรับประชากรในเมืองที่ยากจน

Yong-Jung Kim, Woo-Yong Jeong and Hyosung Kim (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการทดลองสำหรับระยะการดับส่วนโค้งของกระแสตรงแบบหักล้างได้ดำเนินการในกรณีที่มีระดับกำลังโหลดและแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย จากผลการทดลอง ได้เสนอวิธีการประมาณค่าระยะการดับอาร์ค มีการตรวจสอบแล้วว่าวิธีการที่เสนอสามารถประมาณระยะการดับอาร์คของอาร์คหักกระแสตรงได้อย่างแม่นยำแม้ในสภาวะแหล่งต่างๆ

Yu I Soluyanov (2019) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ องค์กรที่มีการออกแบบใช้โหลดเฉพาะเชิงบรรทัดฐานในการคำนวณพลังงานที่ใช้โดยอาคารที่พักอาศัยและอาคารสาธารณะ แนวปฏิบัติในการสร้างและใช้งานระบบจ่ายไฟในเมืองได้แสดงให้เห็นว่าในกรณีส่วนใหญ่โหลดจริงจะน้อยกว่าที่คำนวณได้ 1.5–2 เท่า จำเป็นต้องมีการแก้ไขค่าโหลดมาตรฐานโดยพิจารณาจากการวัดโปรไฟล์กำลังในการทดลอง เครือข่ายเคเบิลที่สร้างขึ้นใหม่และสถานีหม้อแปลงไฟฟ้า 10/0.4 kV อันที่จริงแล้วกลายเป็น Underloaded ยิ่งไปกว่านั้น การโหลดที่น้อยเกินไปนี้ทำให้หม้อแปลงแทบไม่ทำงานที่ 50% ของความจุในช่วงเวลาที่มีการใช้พลังงานสูงสุด การตายของการลงทุนสำหรับบริษัทโครงข่ายไฟฟ้านั้นชัดเจน เนื่องจากหลังจากการพัฒนาไซต์งานที่ใกล้ที่สุด แทบจะเป็นไปไม่ได้เลยที่จะเชื่อมต่อบริโภค รายใหม่

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย การประเมินการใช้พลังงานโดยรวม ตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า กรณีศึกษา สำหรับอาคารชุด ที่เป็นอาคารสูง ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. กลุ่มตัวอย่างประชากร
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ
4. การเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล
7. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ สำหรับผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวม ตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า
8. การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า

ประชากรกลุ่มตัวอย่าง

1. กลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ อาคารชุดที่พักอาศัยที่เป็นอาคารสูง ที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า > 1000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase ตามข้อกำหนด พรบ.สภาวิศวกร งานวิศวกรรมควบคุม สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร ทั้งนี้หากอาคารชุดที่พักอาศัยหรืออาคารต่างๆ ก็จะมีหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารนั้นๆ หากอาคารมีการใช้หม้อแปลงขนาดเล็กกว่า 1000kVA ก็สามารถนำมาพิจารณาได้ เนื่องจากหม้อแปลงจะมีด้านปฐมภูมิที่มีแรงดัน > 12kV ซึ่งเป็นไปตาม พรบ.สภาวิศวกร
2. พื้นที่ที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ กรุงเทพมหานครในเขตชั้นใน (21เขต) ชั้นกลาง และชั้นนอก โดยใช้ข้อมูลการขออนุญาตก่อสร้างอาคารชุดที่พักอาศัย ที่เป็นอาคารสูง เกิน 23 เมตร หรือ มากกว่า 7 ชั้น ที่จำเป็นจะต้องไปจดทะเบียนที่กลุ่มงานกฎหมายอาคาร กองควบคุมอาคารสำนักการโยธา กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มีการจดบันทึกอาคารชุดที่พักอาศัย ที่เป็นอาคารสูง ตั้งแต่ปี 2548 – 2563 มีจำนวนทั้งสิ้น 2,944 อาคาร เนื่องจากทุกอาคารจำเป็นต้องมีหม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคาร

การหากลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยของข้อมูลอาคารชุดที่พักอาศัย ในกรุงเทพมหานคร ที่เป็นอาคารสูง สามารถหากรุ่นตัวอย่างที่เป็นจำนวนอาคารชุดที่พักอาศัย หรือสามารถใช้จำนวนของหม้อแปลง ซึ่งในการวิจัยฯ จะเน้นเรื่องการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม จึงเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องเลือกกลุ่มตัวอย่างที่เป็นจำนวนหม้อแปลงที่เข้าข่ายความเชื่อถือของข้อมูลอย่างเต็มที่ ซึ่งสามารถคิดจำนวนกลุ่มตัวอย่าง เพื่อกำหนดการสุ่มตัวอย่างของทาโร ยามาเน โดยมียกข้อกำหนดของการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้จำนวนของอาคารที่พักอาศัย ในกรุงเทพมหานคร โดยมีการเก็บข้อมูลของกลุ่มงานกฎหมายอาคาร กองควบคุมอาคาร สำนักโยธา กรุงเทพมหานคร ที่ผู้ประกอบการต้องทำการขึ้นทะเบียนขออนุญาตก่อนการก่อสร้าง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2548 – 2563 มีจำนวนทั้งสิ้น 2,944 อาคาร ปกติในอาคารทั่วไป หรืออาคารชุดที่พักอาศัยจำเป็นต้องมีหม้อแปลงมากกว่า 1 ตัว เพื่อเป็นการสำรองหรือการทดแทนการใช้งาน กรณีที่หม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งเสีย หรือ ไม่สามารถทำงานได้ หรือ เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัวหนึ่งเกิดเสียหาย ดังนั้นสามารถคิดจำนวนหม้อแปลงเป็น 2 เท่าของจำนวนอาคารชุดที่พักอาศัยที่ได้ขึ้นทะเบียนขออนุญาตไว้ที่ $2,944 \times 2 = 5,888$ ตัว โดยใช้การคำนวณขนาดกลุ่มตัวอย่าง แบบทราบจำนวนประชากร ใช้สูตรของทาโร ยามาเน (Taro Yamane, 1973)

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

เมื่อ n = จำนวนตัวอย่างที่ต้องการของหม้อแปลงไฟฟ้า

N = จำนวนของหม้อแปลงไฟฟ้า

e = ค่าความคลาดเคลื่อนของการประมาณค่า

กำหนดให้ $N = 5,888$ ตัว $e = 0.05$

$$\begin{aligned} n &= N / (1 + Ne^2) \\ &= 5,888 / \{1 + (5,888 \times 0.05^2)\} \\ &= 5,888 / \{1 + 14.72\} \\ &= 5,888 / 15.72 \\ &= 374.55 \text{ ตัวอย่าง} \end{aligned}$$

ดังนั้นในการวิจัยจะขอเลือกเป็นจำนวนกลุ่มตัวอย่างของหม้อแปลงที่ต้องทำการสำรวจสอบถาม โดยต้องมีจำนวนมากกว่า 374.55 หรือ 375 ตัวอย่าง ทั้งนี้การวิจัยครั้งนี้จะให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของหม้อแปลงมากกว่า 375 ตัว ซึ่งจะได้เป็นตัวแทนของกลุ่มประชากรทั้งหมดของอาคารชุดตามสูตรรายการคำนวณกลุ่มตัวอย่างประชากรของทาโร ยามาเน

กลุ่มตัวอย่างประชากร ได้รับสนับสนุนข้อมูลจากกลุ่มผู้ดูแลอาคารชุดที่พักอาศัย ที่มีทีมงานที่เป็นวิศวกรไฟฟ้า หรือ ช่างไฟฟ้าดูแลตามแต่ละอาคารชุดที่พักอาศัยที่มีกระจายอยู่ในพื้นที่ต่างๆของกรุงเทพมหานคร โดยบริษัทต่างๆ ได้ช่วยให้ข้อมูลสำหรับการทำแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเป็นอย่างดี เนื่องจากมีผู้บริหารของบริษัทต่างๆ เห็นถึงความสำคัญและผลที่จะได้ประโยชน์ต่อทางด้านวิศวกรรม และสะดวกในการให้ข้อมูลเนื่องจากผ่าน google form ซึ่งมีรายชื่อบริษัทที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. SECCO Engineering & Construction Company Limited
2. Jones Lang Lasalle (Thailand) Company Limited
3. Plus Property Company Limited
4. Narai Property Company Limited
5. Land and Houses Public Company Limited
6. Supalai Public Company Limited
7. LPN Public Company Limited

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล จากการเก็บข้อมูลแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล ที่มีอยู่ของแต่ละอาคารฯ ตั้งแต่ 16 กุมภาพันธ์ 2563 – 20 มีนาคม 2564 โดยมีระยะเวลาในการวิจัย 1 มกราคม 2563 – 31 พฤษภาคม 2564

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

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

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับประเภทของอาคารชุดที่พักอาศัย ประเภท คอนโดมีเนียมที่เป็นอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร ที่มีขนาดหม้อแปลงตั้งแต่ > 1000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase การแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯ เช่น

1. ทำเล (ใกล้ถนนใหญ่ ใกล้รถไฟฟ้า เป็นต้น)
2. ความสูงของอาคารชุดฯ เพื่อทวนสอบว่าอาคารชุดนั้นเข้าเกณฑ์อาคารสูง
3. ขนาดพื้นที่ของห้องที่พักอาศัย
4. จำนวนผู้อยู่อาศัยในห้องพักโดยเฉลี่ย

5. อัตราจำนวนผู้พักอาศัยทั้งหมดในอาคารชุด
6. หม้อแปลงที่ใช้จ่ายโหลดส่วนกลางเป็นหม้อแปลงจากส่วนไหน

ตอนที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิค ที่เกี่ยวกับรายละเอียดทางเทคนิค ดังนี้

1. จำนวนชั้น ขนาดและจำนวนของหม้อแปลง เพื่อให้ทราบถึงพิกัดความสามารถในการจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดของหม้อแปลง

2. ขนาดของเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ การตั้งค่าของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อให้ทราบรายละเอียดทางเทคนิคของเซอร์กิตเบรกเกอร์ ว่ามีพิกัดความสามารถในการทำงานเพื่อป้องกันกระแสไฟเกิน กระแสไฟลัดวงจร และกระแสไฟรั่ว ให้เกิดความปลอดภัยสำหรับชีวิตและทรัพย์สินภายในอาคารชุดหรือการทำงานที่สัมพันธ์กันทั้งระบบไฟฟ้าของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทุกๆ ตัวในอาคารชุดที่พักอาศัย

3. พิกัดพลังงานโดยรวม หรือกระแสใช้งานที่ตัวเมน เพื่อดูการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมของทั้งอาคาร จากมิเตอร์ที่ทำการวัดค่า หรือจากมิเตอร์ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อให้ทราบข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุด

4. จำนวนการใช้คาปาซิเตอร์ จากจำนวนทั้งหมดที่ติดตั้งคาปาซิเตอร์ คาปาซิเตอร์ หรือ คาปาซิเตอร์แบงค์ เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้า เพื่อเพิ่มกำลังไฟฟ้าเสมือนให้กับระบบไฟฟ้า เป็นการช่วยลดภาระให้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่ต้องจ่ายกำลังไฟฟ้าเสมือนให้กับโหลด ทำให้ระบบไฟฟ้าโดยรวมมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและลดการสูญเสียในระบบไฟฟ้า

ตอนที่ 3 ขอความคิดเห็น เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร เพื่อสำรวจความรู้ความเข้าใจ และความคิดเห็นด้านความเหมาะสมของผู้ดูแลอาคารชุดที่พักอาศัย ให้เห็นถึงพิกัดความสามารถของหม้อแปลง เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า และเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดๆ เพื่อประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า และการปรับตั้งค่าของบริภัณฑ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดความปลอดภัยกับชีวิตและทรัพย์สินของอาคารชุดๆ

ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น หากข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็นที่ดี จะนำมาเป็นข้อมูลประกอบเพิ่มเติม โดยหากเป็นข้อมูลที่สอดคล้องกับการให้ระดับความเหมาะสมในตอนที่ 3 ผู้วิจัยจะไม่นำมาใส่

การสร้างและพัฒนาเครื่องมือ

ในการสร้างและพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปริมาณ ตามหลักการทางวิศวกรรมและทางสถิติ มาตรฐานต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ การติดตั้ง และการบำรุงรักษา ระบบไฟฟ้าของอาคารชุดเพื่อนำมาเป็นข้อกำหนดในการจัดทำแบบฟอร์มฯ
2. จัดทำแบบฟอร์มฯ การเก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม หรือฟิวด์กระแสไฟฟ้าที่ใช้งานผ่านหม้อแปลงไฟฟ้า โดยพิจารณาเนื้อหาให้สอดคล้องกับกรอบแนวคิด ความมุ่งหมาย และสมมติฐานในการวิจัย
3. นำแบบฟอร์มฯ เก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม หรือฟิวด์กระแสไฟฟ้าที่ใช้งาน ที่สร้างขึ้นตามกรอบแนวคิดเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสม ความถูกต้องของการใช้ภาษาและครอบคลุมเนื้อหาของงานวิจัย เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำ
4. ปรับปรุงแก้ไขแบบฟอร์มฯ ตามที่อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แนะนำแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและครอบคลุมเนื้อหาของงานวิจัยประกอบด้วย
 - 4.1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระวัฒน์ เจริญราษฎร์ ประธานกรรมการสอบ
 - 4.2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพล วิแสง กรรมการสอบ ที่ปรึกษาและอาจารย์ประจำคณะการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
 - 4.3 ดร.พีรวัฒน์ ไชยล้อม กรรมการสอบ
 - 4.4 ดร.แคทลียา ชาปะวัง กรรมการสอบ
 - 4.5 ดร.พงศธร ตันตระกูล กรรมการสอบ

โดยรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ มาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เ้าธรรม, 2558: 114)

$$\text{สูตรการคำนวณค่า IOC} = \frac{\text{ผลรวมคะแนน}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}} \quad \text{หรือ} \quad \text{IOC} = \frac{\sum X}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา

X คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

- +1 หมายถึง คำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์
- 1 หมายถึง คำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์
- 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยาม

ศัพท์เกณฑ์การแปลความหมาย มีดังนี้

ค่า $IOC \geq 0.50$ หมายความว่า คำถามนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ค่า $IOC < 0.50$ หมายความว่า คำถามนั้นไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

5. ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งได้ผลรวมความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน โดยแบบสอบถามทั้งหมดมีค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์มากกว่า 0.5 ทุกข้อ โดยค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 1 คะแนน จำนวน 25 ข้อ และค่าต่ำสุด เท่ากับ 0.67 คะแนน ถือได้ว่าแบบสอบถามดังกล่าวมีเกณฑ์ความเหมาะสม แล้วจึงนำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาอีกครั้ง

6. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

6.1 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้วยทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ รวมถึงการใช้ IOC ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้เครื่องมือที่เป็นหลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

6.1.1 T Test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยการพิจารณาค่า P Value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

- Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)
- การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

- การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Test) โดยใช้ผลที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสำหรับสถานพยาบาลเพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ ต้องมีค่า 80% ขึ้นไป จึงจะถือว่ายอมรับได้

6.2 การตรวจสอบคุณภาพและทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มตัวอย่างอื่น เพื่อการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยได้เลือกกลุ่มประชากรเพิ่มเติมอีกหนึ่งกลุ่ม ตามหลักการในการตรวจสอบเพื่อเป็นการทวนสอบผลการวิจัย หรือการตรวจสอบผลทางด้านวิศวกรรม ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำกลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน หรือกลุ่มที่มีพฤติกรรมที่มีนัยสำคัญมาเปรียบเทียบ เพื่อวิเคราะห์ด้านการใช้พลังงานในสถานพยาบาลในเวลาเดียวกันนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Saidur, R., Hasanuzzaman, M., Yogeswaran, S., Mohammed, H. A. , And Hossain, M. S. (2010) ในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับกลุ่มที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณที่สูงๆ หรือถือได้ว่าเป็นส่วนวิกฤติ ทางวิศวกรรมก็ต้องถือว่าในสถานพยาบาลเป็นส่วนที่มีความวิกฤติที่สุดในหลายๆกลุ่ม การออกแบบระบบไฟฟ้าจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการออกแบบให้เพียงพอกับการใช้งาน โดยการออกแบบก็จะมีส่วนคล้ายๆ กันตามหลักกาพื้นฐานของการออกแบบระบบไฟฟ้า แต่ก็จะมีการเผื่อการใช้งานแบบเต็มพิกัดไว้ หรือ การเผื่อการใช้งานในอนาคต ซึ่งในเป็นปกติของการออกแบบ ผู้วิจัยจึงเลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรสำหรับสถานพยาบาลที่ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกลุ่มสถานพยาบาล ที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยในแต่ละสถานพยาบาลจะมีจำนวนหลายอาคารในสถานพยาบาล มีสถานพยาบาลที่เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรตามรายชื่อสถานพยาบาลดังนี้

- 1) โรงพยาบาลรามารามธิบดี
- 2) ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุ ชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 3) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาด

โดยทั้ง 3 สถานพยาบาล ผู้วิจัยได้ขอแจ้งและประสานทางวิศวกรผู้ดูแลอาคารให้เข้าไปสำรวจและบันทึกข้อมูลทางเทคนิคในช่วงสถานการณ์โควิด

ผู้วิจัยไม่ได้เลือกกลุ่มตัวอย่างสำหรับบ้านเรือนเป็นกลุ่มตัวอย่างในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เนื่องจากบ้านโดยทั่วไปมีการใช้งานโดยการระบุเลือกมิเตอร์ขนาดเล็กๆ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Tran, L. N., Gao, W., & Ge, J. (2021) เหมือนแต่ละมิเตอร์ประจำห้องของอาคารชุดสำหรับใช้ไฟฟ้า ไม่มีหลักการคำนวณเหมือนในส่วนของอาคาร และในส่วนของอาคารประเภทอื่นๆ ที่จะมีการรวมหลายๆห้อง รวมเป็นหลายๆชั้น และแต่ละชั้นรวมเป็นเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ เพื่อหาขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งสำหรับบ้านปกติในโครงการก็ตามจะไม่มีมีการใช้งานปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในเกณฑ์สูงเท่า ซึ่งในส่วนสถานพยาบาลจะมีหลักการในการคิดคำนวณออกแบบเหมือนกันกับในส่วนอาคารชุด และมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณสูงมาก และสูงมากในช่วงภาวะการโควิด

7. การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ โดยการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้ง 7 ท่าน ที่หลากหลายด้าน เช่น คณะผู้ร่างมาตรฐานฯ คณาจารย์ ผู้ออกแบบ ผู้รับเหมาติดตั้ง การไฟฟ้าฯ เป็น

ต้น โดยรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านมาวิเคราะห์ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เบ้าธรรม, 2558: 114) และได้รับคำแนะนำความคิดเห็นที่สำคัญของผู้เชี่ยวชาญในส่วนต่างๆ

$$\text{สูตรการคำนวณค่า IOC} = \frac{\text{ผลรวมคะแนน}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}} \quad \text{หรือ} \quad \text{IOC} = \frac{\sum X}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อความถามกับเนื้อหา

X คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

สำหรับเกณฑ์การให้คะแนน มีดังนี้

+1 หมายถึง คำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์

- 1 หมายถึง คำถามนั้นไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าคำถามนั้นสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย หรือนิยามศัพท์

เกณฑ์การแปลความหมาย มีดังนี้

ค่า IOC ≥ 0.50 หมายความว่า คำถามนั้นตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

ค่า IOC < 0.50 หมายความว่า คำถามนั้นไม่ตรงกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย

8. รวบรวมเอกสาร เพื่อส่งอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม ประกอบด้วยเอกสาร ดังนี้

8.1 เล่มเค้าโครง 3 บท ที่ผ่านกระบวนการอนุมัติสอบ งานวิจัยแล้ว

8.2 เอกสารอนุมัติรายงานสอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์

8.3 แบบสอบถามฉบับสมบูรณ์

8.4 เอกสารใบประกาศนียบัตร ผ่านการอบรมและทดสอบจรรยาบรรณการวิจัยใน

มนุษย์

8.5 สรุปโครงการ เพื่อการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (protocol synopsis for ethical review)

นำเอกสารที่ผ่านการอนุมัติจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม แบบสอบถามงานวิจัยที่ปรับปรุงรูปแบบเป็น IOC และบทที่ 1 ถึง บทที่ 3 เพื่อขออนุมัติส่งแบบสอบถาม

9. รวบรวมเอกสารอนุมัติจากคณะกรรมการบัญชีและการจัดการ

10. เมื่อได้รับการอนุมัติจากคณะฯ จึงจัดทำแบบฟอร์มฯ ที่ได้รับการอนุมัติ มาจัดทำแบบสอบถามแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form เนื่องด้วยมีเหตุผลดังนี้

10.1 ผู้วิจัยต้องการใช้นวัตกรรมดิจิทัล เป็นเครื่องมือทางเทคโนโลยีที่เป็นสื่อกลางในการส่งสารและสื่อสาร ให้เกิดประสิทธิผลที่ดีไม่น้อยไปกว่าแบบ hardcopy

10.2 ทำให้ผู้ดูแลอาคารสะดวกในการมอบหมาย ส่งต่อข้อมูลให้ผู้ดูแลอาคารโดยตรงได้อย่างสะดวกมาก โดยไม่ต้องส่งต่อเอกสารผ่านเอกสารที่เป็นกระดาษ hardcopy

10.3 ผู้วิจัยสามารถนำข้อมูลจาก Google Form มาแปลงเป็น Excel เพื่อสะดวกในการบริหารจัดการ แยกแยะ คัดเลือก เพิ่มเติมรายการคำนวณ และกำหนดรายละเอียดต่างๆ ได้อย่างสะดวก รวดเร็วขึ้นอย่างมาก

10.4 ในช่วงการทำวิจัยนั้น ประเทศไทยและทั่วโลกอยู่ในช่วงการเฝ้าระวังและการป้องกันแพร่ระบาดของเชื้อไวรัสโควิด 19 และที่สำคัญผู้วิจัยอยู่ในกรุงเทพฯ ซึ่งเป็นพื้นที่สีแดงเข้ม หรืออยู่ในพื้นที่ที่มีจำนวนคนเป็นโควิดจำนวนมากที่สุด

ด้วยเหตุผลดังกล่าวข้างต้น จึงนำเรื่องเรียนปรึกษาทางอาจารย์ที่ปรึกษาในส่วนของวิทยานิพนธ์ โดยผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพล วิแสง ได้ให้การสนับสนุนในแนวความคิดที่จะส่งแบบฟอร์มฯ แบบออนไลน์ เนื่องด้วยเหตุผลดังกล่าว

11. ทางผู้วิจัยได้โทรเรียนแจ้งทางเจ้าของบริษัทต่างๆ ที่เป็นผู้ดูแลอาคารตามรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างประชากรเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ 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

การเก็บรวบรวมข้อมูล

เนื่องด้วยการส่งแบบฟอร์มฯ เป็นแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form และ Line Application ดังนั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบฟอร์มที่เป็นแบบออนไลน์ ผ่าน Google Form ซึ่งกระบวนการในการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงเป็นเรื่องที่สะดวกรวดเร็วมากๆ และสามารถได้ข้อมูลแบบ real time ผู้วิจัยได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนและวิธีการ ดังนี้

1. ดำเนินการจัดทำแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย โดยการใช้แบบฟอร์มฯ ที่ได้ผ่านอนุมัติจากคณะฯ และ มาดำเนินการแปลงเป็น Google Form โดยการเก็บข้อมูลมีจำนวนมากกว่า 20% ของกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัย พร้อมกับตรวจสอบ ความ

ถูกต้องครบถ้วน และความสมบูรณ์ของเอกสารเพื่อนำส่งไปตามช่องทางที่ได้เตรียมไว้ โดยจะเน้นการส่งข้อมูลผ่านทางไลน์เป็นหลัก หรืออาจมีบางกรณีที่ต้องส่งเป็นอีเมล เนื่องจากทางผู้บริหารของบริษัทดูแลอาคารฯ สะดวกในการส่งโดยตรงหรือส่งต่อให้กับผู้ดูแลอาคารโดยตรงในแต่ละอาคารฯ

2. ขอนหนังสือราชการจากคณะกรรมการบัญชีและการจัดการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม โดยแนบพร้อมทั้งแบบการเก็บข้อมูล ส่งไปยังกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ผู้บริหารอาคาร วิศวกรที่ดูแลอาคาร นิติบุคคลที่ดูแลอาคาร ช่างไฟฟ้าที่ดูแลอาคาร เป็นต้น

3. ดำเนินการจัดส่งแบบการเก็บข้อมูล และการเข้าสำรวจกลุ่มตัวอย่าง โดยกลุ่มตัวอย่างประชากรที่เป็นกลุ่มเป้าหมาย มีดังนี้

3.1 SECCO Engineering & Construction Company Limited

3.2 Jones Lang Lasalle (Thailand) Company Limited

3.3 Plus Property Company Limited

3.4 Narai Property Company Limited

3.5 Land and Houses Public Company Limited

3.6 Supalai Public Company Limited

3.7 LPN Public Company Limited

โดยทางผู้วิจัยได้เรียนแจ้งทางเจ้าของบริษัทต่างๆ ที่เป็นผู้ดูแลอาคารตามรายละเอียดของกลุ่มตัวอย่างประชากรเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ 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

และกลุ่มตัวอย่างประชากรที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำ ได้รับการสนับสนุนข้อมูลจากกลุ่มสถานพยาบาล ที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร โดยในแต่ละสถานพยาบาลจะมีจำนวนหลายอาคารในสถานพยาบาล โดยผู้วิจัยได้ข้อมูลมีกลุ่มตัวอย่างประชากรตามรายชื่อสถานพยาบาลดังนี้

- 1) โรงพยาบาลรามาริบัติ
- 2) ศูนย์การแพทย์ปัญญานันทภิกขุ ชลประทาน มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
- 3) โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาด

โดยทั้ง 3 สถานพยาบาล ผู้วิจัยได้ขอแจ้งและประสานทางวิศวกรผู้ดูแลอาคารให้เข้าไปสำรวจและบันทึกข้อมูลทางเทคนิคในเบื้องต้นไว้ก่อนหน้า

4. ขอข้อมูลจากการเก็บข้อมูล ในกรณีที่อาคารมีการจัดเก็บข้อมูลโดยตลอด โดยทางผู้ดูแลอาคารชุดฯ สามารถนำข้อมูลที่เคยบันทึก หรือ เคยทำการวิเคราะห์มาแล้ว นำมาใช้ในการให้ข้อมูลในรูปแบบฟอร์มฯ ได้อย่างสะดวก
5. ตรวจสอบความถูกต้อง ความครบถ้วนในเนื้อหาของแบบฟอร์มฯ
6. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบฟอร์มฯ ที่ได้แปลงข้อมูลทั้งหมด โดยสามารถเพิ่มเติมข้อมูลในส่วนการจัดการและการวิเคราะห์ข้อมูลในส่วนต่อไป

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้จากแบบฟอร์มฯ ด้วยวิธีออนไลน์ผ่าน Google Form ที่เป็นโปรแกรมที่สะดวกในการใช้งานอย่างมาก สามารถจัดทำข้อมูลและแปลงการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการแปลงข้อมูลเป็นข้อมูลใน Excel และจัดเป็นแต่ละส่วนได้ดังนี้

ส่วนที่ 1 การจัดการข้อมูล การแยกแยะข้อมูลในส่วนต่างๆ แต่ละตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯ ที่เป็นอาคารสูงในกรุงเทพมหานคร ที่มีขนาดหม้อแปลงตั้งแต่ > 1000 kVA หรือ > 12kV ที่ 3 Phase การแยกแยะข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯ ดังนี้

1. ทำเล (ใกล้ถนนใหญ่ ใกล้รถไฟฟ้า เป็นต้น)
2. ความสูงของอาคารชุดฯ เพื่อทวนสอบว่าอาคารชุดนั้นเข้าเกณฑ์อาคารสูง
3. ขนาดพื้นที่ของห้องที่พักอาศัย
4. จำนวนผู้อยู่อาศัยในห้องพักโดยเฉลี่ย
5. อัตราจำนวนผู้พักอาศัยทั้งหมดในอาคารชุด
6. หม้อแปลงที่ใช้จ่ายโหลดส่วนกลางเป็นหม้อแปลงจากส่วนไหน

นำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ เป็นรายละเอียดในแต่ละหัวข้อในตาราง Excel และดำเนินการกำหนดตัวแปร เพื่อนำเข้าโปรแกรมทางสถิติ วิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ได้ตามข้อกำหนดที่ตั้งเป้าหมายไว้

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

ตอนที่ 3 การแยกแยะข้อมูลของตอนที่ 3 สำหรับการขอความคิดเห็น โดยการใช้ ประเมินระดับความเหมาะสมเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัยใน กรุงเทพมหานคร ของข้อมูลในตอนต้นที่ 2 โดยจะทราบถึงความรู้ ความเข้าใจของผู้ดูแลอาคารชุดนั้นๆ เพื่อเป็นการทวนสอบความเข้าใจของผู้ดูแลอาคารชุดฯ ประกอบกับผลที่ได้ในตอนต้นที่ 2

ตอนที่ 4 การแยกแยะความคิดเห็นของผู้ดูแลอาคารชุดฯ เพื่อรับฟังความคิดเห็น และแนวทางการดูแลอาคารชุดฯ

ส่วนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลของอาคารชุดฯ ในแต่ละตอน ดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดที่พักอาศัย เพื่อใช้ในการพิจารณา ปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเลือกอาคารชุดและปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผู้อยู่อาศัยในอาคารชุดฯ โดยใช้หลักการทางสถิติ ในแต่ละหัวข้อของแบบฟอร์มฯ เพื่อให้เห็นถึงปัจจัยในการเลือกอาคารชุดฯ และอัตราการอยู่อาศัยในห้องพักกับในอาคารชุดฯ

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิค โดยการเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคในส่วน ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การเพิ่มเติมข้อมูลรายการคำนวณ เพื่อแสดงให้เห็นพิกัดความสามารถของ บริษัทจำหน่ายไฟฟ้า เช่น หม้อแปลงไฟฟ้าที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ตามพิกัดปกติ และพิกัดเมื่อมีการ ใช้โหลดเกินช่วงระยะเวลาโดยการเปิดพัดลมระบายความร้อน

2. การวิเคราะห์ทางเทคนิคโดยใช้ใช้วิธีการประมวลผลทางหลักสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistic) นำข้อมูลที่รวบรวมได้มาวิเคราะห์หาค่าทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วยค่าเฉลี่ย (Mean) และ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยนำเสนอข้อมูลในรูปแบบตาราง ควบคู่กับการบรรยาย และสรุปผลการวิจัย ได้กำหนดเกณฑ์เป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนี้

1. ระดับการใช้งานที่ $10 = 100\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 91% - 100%
2. ระดับการใช้งานที่ $9 \leq 90\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 81% - 90%
3. ระดับการใช้งานที่ $8 \leq 80\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 71% - 80%
4. ระดับการใช้งานที่ $7 \leq 70\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 61% - 70%
5. ระดับการใช้งานที่ $6 \leq 60\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 51% - 60%
6. ระดับการใช้งานที่ $5 \leq 50\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 41% - 50%
7. ระดับการใช้งานที่ $4 \leq 40\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 31% - 40%
8. ระดับการใช้งานที่ $3 \leq 30\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 21% - 30%
9. ระดับการใช้งานที่ $2 \leq 20\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 11% - 20%
10. ระดับการใช้งานที่ $1 \leq 10\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง 0% - 10%

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ในส่วนขอความคิดเห็นการประเมินให้ระดับความเหมาะสมกับรายละเอียดที่ได้กรอกข้อมูลในตอนที 2 ซึ่งจะต้องเป็นผู้ดูแลอาคารชุดเป็นผู้จัดบันทึกข้อมูลทางเทคนิค หรือผู้ดูแลอาคารฯ เพื่อทวนสอบความเข้าใจ จากการจัดบันทึกข้อมูลทางเทคนิค เพื่อให้ระดับความเหมาะสม เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัย กับ บริภัณฑ์ไฟฟ้าทั้งระบบไฟฟ้าที่ได้ดูแล

ตอนที่ 4 การวิเคราะห์ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น หากเป็นข้อคิดเห็นที่ดี จะนำมาปรับข้อกำหนดหรือเงื่อนไขทางเทคนิค หรือส่วนต่างๆ ที่ได้รับข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

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

1.1 การนำข้อมูลมาแยกแยะ และการเปรียบเทียบ เป็นค่าร้อยละ (Percentage) คือ สัดส่วน เมื่อเทียบต่อ 100 การคำนวณก็ทำได้ง่าย โดยเอา 100 ไปคูณสัดส่วนที่ต้องการหาผลลัพธ์ก็ จะออกมาเป็นร้อยละ หรือเปอร์เซ็นต์ และการจัดทำลำดับของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า มาเทียบ เป็นค่าร้อยละระหว่างการใช้พลังงานไฟฟ้าจริงของอาคาร มาเปรียบเทียบกับพิกัดความสามารถใน การจ่ายกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงพิกัดของเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั้ง Ampere trip: AT และ Ampere frame: AF

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

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

1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (Ronald Walpole, Raymond Myers และ Sharon Myers, 2012: 15) เป็นค่าวัดการกระจายที่สำคัญทางสถิติ เพราะเป็นค่าที่ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ดีกว่าค่าพิสัย และค่าส่วนเบี่ยงเบนเฉลี่ย ทั้งนี้ค่าความแปรปรวน (Variance: σ^2) ซึ่งค่าความแปรปรวนของข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า ไม่ได้นำมาใช้ เนื่องจากมีการหาค่าส่วนเบี่ยงเบน โดยค่าส่วนเบี่ยงเบนจะเป็นรากที่สองของค่าความแปรปรวน

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

Variance Formula

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

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

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

2. การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

2.1 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือด้วยหลักการทางสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยนำข้อมูลที่ได้จากแบบฟอร์มฯ ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้ มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ รวมถึงการใช้ IOC ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ ต่างๆ ประกอบดังนี้

2.1.1 T - test เป็นการทดสอบสมมติฐานทางสถิติที่มีประโยชน์เมื่อคุณต้องการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย คุณสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของตัวอย่างกับสมมติฐานหลักหรือค่าเป้าหมาย โดยการใช้ 1 sample t-test คุณสามารถเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของสองกลุ่มตัวอย่างด้วย 2 sample t-test โดยมีสูตรดังนี้

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\left(s^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)\right)}}$$

โดย p value เป็นนัยสำคัญทางสถิติ หรือ ค่าสัดส่วนของความน่าจะเป็น

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

2.1.2 Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

เนื่องจากในความเป็นจริงแล้ว ค่าดังกล่าวนี้ จะเล็กกว่าค่า Population Parameter เสมอ เนื่องจากโดยส่วนมากแล้ว เรามีโอกาสที่ตัวแทนของประชากรได้ ตรง 100% เมื่อเป็นดังนี้ เมื่อเรานำไปประมาณค่า Population Parameter เราก็จะได้ค่า Population Standard Deviation ที่เล็กกว่าความเป็นจริงเสมอ เพื่อแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าว เราจึงลดตัวหาร ลง หนึ่งตัว เพื่อชดเชยปรากฏการณ์ดังกล่าว ดังนั้นสมการในการหาค่า Sample Standard Deviation ตัวหารหรือ Degree of Freedom จึงเท่ากับจำนวนตัวอย่างลบด้วย 1 เสมอ แต่ถ้าหากว่าเรามีได้มีจุด ประสงค์จะนำค่า s ไปประมาณค่า (σ) หรือพูดง่าย ๆ คือเราแค่อยากอธิบายข้อมูลของตัวอย่างที่เก็บมาเท่านั้น ไม่ได้เอาไปคาดการณ์ค่า Population Parameter เราก็ไม่จำเป็นต้องลดตัวหารลงแต่อย่างใด

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

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

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

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

3. การทวนสอบผลทางวิศวกรรมและการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ไม่เกี่ยวเนื่องกันมาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรในสถานพยาบาล ที่มีการใช้พลังงานไฟโดยรวมที่ถือว่าปริมาณสูงมาก ซึ่งกลุ่มตัวอย่างการทดสอบมากกว่า 30 ตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลที่ได้จากสถานพยาบาลลงในแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 และตอนที่ 3 ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้เป็นกลุ่มสถานพยาบาล มาแปลงเป็น Excel แยกแยะ ข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อสร้างความเชื่อถือของการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

4. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญ สำหรับผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวม ตามมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า

ผู้วิจัยได้ทราบข้อมูลสำหรับผู้เชี่ยวชาญเฉพาะทางโดยตรง ที่ได้รวบรวมผู้เชี่ยวชาญในส่วนภาคการศึกษา ผู้เชี่ยวชาญในการออกแบบ ผู้เชี่ยวชาญที่จัดทำมาตรฐานการออกแบบและการติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ผู้เชี่ยวชาญในการติดตั้งระบบไฟฟ้าในอาคารชุดที่พักอาศัย ผู้เชี่ยวชาญจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ผู้เชี่ยวชาญจากภาครัฐที่มีความชำนาญในการออกแบบงานส่วนภาครัฐ โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวนทั้งสิ้น 7 ท่าน มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามและวัตถุประสงค์การวิจัยด้วยค่า IOC (Item Objective Congruence Index) โดยใช้สูตรของ IOC ดังนี้ (สุมินทร เบ้าธรรม, 2558: 114) และการสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญสำหรับการประเมินฯและการตรวจสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งของอาคารชุดและกลุ่มตัวอย่างสถานพยาบาล เพื่อให้ได้รับคำแนะนำดีๆ ที่สำคัญสำหรับงานวิจัย

$$\text{สูตรการคำนวณค่า IOC} = \frac{\text{ผลรวมคะแนน}}{\text{จำนวนผู้เชี่ยวชาญ}} \quad \text{หรือ} \quad \text{IOC} = \frac{\sum X}{N}$$

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับเนื้อหา

X คือ คะแนนของผู้เชี่ยวชาญ

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนผู้เชี่ยวชาญแต่ละคน

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า

การคำนวณพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นของหม้อแปลงไฟฟ้า หรือ เป็นกำลังสูญเสียทางไฟฟ้า (Power Loss) หม้อแปลงมีกำลังสูญเสียทางไฟฟ้าอยู่ 2 ส่วน คือ

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

กำลังสูญเสียไฟฟ้ามี่โหลด (Load Loss) คือ กำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุกขดขม กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด ซึ่งค่า Load Loss นี้จะแปรตาม I^2R หรือ (kVA) ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อ

แปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss Transformer ทั้งการลด No Load Loss และ Load Loss เนื่องจากหม้อแปลงเป็นอุปกรณ์ที่ต้องต่อกับระบบไฟฟ้าตลอดเวลาและใช้งานตลอดเวลา ดังนั้นถ้าสามารถลด Loss ของหม้อแปลงได้ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายทางด้านค่าไฟฟ้าลงได้มาก โดยมีรายการคำนวณค่าต่างๆ ดังนี้

ค่าเปอร์เซ็นต์อิมพีแดนซ์ของโหลดในค่าต่างๆ (% Z at any load)

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

Cu at any %Load เป็นค่าความสูญเสียของขดลวดทองแดงที่พิกัดการใช้งานต่างๆ หากมีการใช้งานน้อยเกินหรือมากเกินไป ก็จะมีค่าสูญเสียเกิดขึ้นซึ่งมีผลกับความร้อนในการใช้งานตามปริมาณการใช้งานที่สูงขึ้น

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

โดย Fe = ค่าความสูญเสียของแกนเหล็ก โดยปกติจะมีค่าค่อนข้างคงที่

Cu = ค่าความสูญเสียของขดลวดทองแดง

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดฯ ใน กรุงเทพมหานคร ที่ผ่านมาในอดีต สำหรับประเทศไทยยังไม่มีการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของ อาคารชุดฯ ซึ่งผู้วิจัยได้สอนใน ส่วนมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย ของวิศวกรรมสถาน แห่งประเทศไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์ ซึ่งมีบทที่ 9 เป็นเรื่อง อาคารชุด อาคารสูงหรืออาคารขนาดใหญ่พิเศษ เป็นข้อกำหนดในการออกแบบและติดตั้งอาคารชุดฯ และผู้วิจัยได้ศึกษาเก็บข้อมูลการใช้ พลังงานไฟฟ้าโดยรวมมาโดยตลอด แต่มีได้ทำเป็นงานวิจัย ครั้งนี้เป็นโอกาสที่ได้ทำ ซึ่งที่ผ่านมามี โอกาสรู้จักกับทางบริษัทที่ดำเนินธุรกิจด้านบริหารและดูแลอาคารชุดฯ จึงเป็นเหตุให้ได้รับการ สนับสนุนอย่างดีด้านข้อมูลสำหรับแบบฟอร์มฯตามข้อมูลในหัวข้อต่างๆที่ต้องการ ผู้วิจัยได้นำเสนอผล การวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. สูตรการคำนวณทางสถิติและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูล
2. การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนในการวิเคราะห์ข้อมูล
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้หลักการทางสถิติและทางวิศวกรรมของอาคารชุด
4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้สำหรับอาคารชุด
5. การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่น เพิ่มเติมอีก 1 กลุ่ม
6. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้สำหรับอาคารสถานพยาบาล
7. การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรง
8. นำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้ในการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า

ตามหลักการบริหารจัดการ

9. นำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการลด

ต้นทุน

สูตรการคำนวณทางสถิติและสัญลักษณ์ที่ใช้ในการคำนวณวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีกระบวนการและรายละเอียดตาม ลำดับดังนี้ สัญลักษณ์ที่ใช้สำหรับสูตรการคำนวณทางสถิติเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

\bar{X} / μ แทนค่าเฉลี่ย (Mean) หรือ ค่ามัชฌิมเลขคณิต

ΣX	แทนผลรวมของคะแนนทั้งหมด
n	แทนจำนวนกลุ่มตัวอย่าง
S.D	แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation)
s^2 / σ^2	แทนส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
α	แทนค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
K	แทนจำนวนข้อเครื่องมือวัด
$1-\Sigma$	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

การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดการข้อมูล โดยการแยกแยะ เพิ่มเติม ลำดับขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลงานวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดฯในกรุงเทพมหานคร มีดังนี้

- นำข้อมูลที่ได้จาก Google Form มาแปลงเป็น Excel เพื่อสะดวกในการดำเนินการแยกแยะ เพิ่มเติมเพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล โดยได้จำนวนกลุ่มตัวอย่างของหม้อแปลงที่ 485 ตัว ที่มากกว่า 374.55 ตัว หรือมากกว่า 29.5% ซึ่งหากมากกว่าตามหลักการหาจำนวนกลุ่มตัวอย่าง ประชากรของทาโร ยามาเน เพื่อให้นักกลุ่มตัวอย่างมีความน่าเชื่อถือได้เสมือนเป็นตัวแทนประชากรจริงทั้งหมดได้ โดยนำข้อมูลที่ได้อมาหลังจากการแยกแยะ เพิ่มเติมข้อมูลในส่วนรายการคำนวณ เพื่อนำมาใช้วิเคราะห์พลังงานโดยรวมที่แท้จริงเป็นส่วนเท่าไรรของพิกัดพลังงานไฟฟ้าที่หม้อแปลงสามารถจ่ายได้โดยใช้เครื่องมือทางสถิติ

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

ตอนที่ 1 จำแนกข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรมสถิติ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. ที่ตั้งของอาคารชุด
2. ความสูงของอาคารชุด
3. ขนาดห้องพักโดยเฉลี่ย
4. ผู้พักในห้องโดยเฉลี่ย
5. ผู้พักในอาคารโดยเฉลี่ย
6. หม้อแปลงจ่ายส่วนกลางเฉพาะ

ตอนที่ 2 จำแนกข้อมูลทางเทคนิคของอาคารชุดฯที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรมสถิติ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องดังนี้

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

$$I_{\text{Rated}} = \text{kVA} / (1.732 \times V)$$

โดย $I_{\text{Rated}} =$ พิกัดกระแสของหม้อแปลง

kVA = ขนาดหม้อแปลง

V = แรงดัน

$$\begin{aligned} I_{\text{Rated}} &= \text{kVA} / (1.732 \times 400) \\ &= 2000 / (1.732 \times 400 \times 1000) \\ &= 2,886 \text{ A} \end{aligned}$$

4. อาคารใช้กระแสจริง ที่ได้จากแบบฟอร์มฯ
5. อัตราส่วน กระแสใช้จริง / พิกัดกระแสของหม้อแปลง
6. การจัดลำดับอัตราส่วน กระแสใช้จริง / พิกัดกระแสของหม้อแปลง โดย

กำหนดเกณฑ์เป็นเปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า ดังนี้

- 1) ระดับการใช้งานที่ $10 = 100\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $91\% - 100\%$
- 2) ระดับการใช้งานที่ $9 \leq 90\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $81\% - 90\%$
- 3) ระดับการใช้งานที่ $8 \leq 80\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $71\% - 80\%$
- 4) ระดับการใช้งานที่ $7 \leq 70\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $61\% - 70\%$
- 5) ระดับการใช้งานที่ $6 \leq 60\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $51\% - 60\%$
- 6) ระดับการใช้งานที่ $5 \leq 50\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $41\% - 50\%$
- 7) ระดับการใช้งานที่ $4 \leq 40\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $31\% - 40\%$
- 8) ระดับการใช้งานที่ $3 \leq 30\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $21\% - 30\%$
- 9) ระดับการใช้งานที่ $2 \leq 20\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $11\% - 20\%$
- 10) ระดับการใช้งานที่ $1 \leq 10\%$ ของพิกัดหม้อแปลง กำหนดให้ ระหว่าง $0\% - 10\%$

7. อัตราส่วน กระแสใช้จริง / Ampere trip ของ C.B

8. พิกัดกระแสหม้อแปลงเมื่อมีพัดลม

9. อัตราส่วนกระแสใช้จริง / กระแสเมื่อมีพัดลม

ประเภทหม้อแปลงไฟฟ้า (แห้ง / น้ำมัน) เนื่องจากประเภทแห้งจะสามารถเปิดพัดลมเพื่อให้สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้มากกว่าปกติถึง 40% เมื่อมีการทำงานของพัดลม จะทำให้สามารถจ่ายกระแสเพิ่มขึ้นได้อีก 40% โดยมีข้อมูลที่กำหนดให้ เป็น ขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลง ที่ได้จากส่วนที่ 4 จะได้พิกัดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง ที่สามารถเพิ่มได้อีก 40% (Air force : AF) จากสูตร

$$I_{Fan} = 2,886 \times 1.4$$

$$= 4,042 \text{ A}$$

10. การเลือกใช้ AT และ AF ของเซอร์กิตเบรกเกอร์

11. Step ที่ ทำงาน และ Step ทั้งหมดของ Capacitor Bank

ตอนที่ 3 การจำแนกข้อมูลที่ได้จากการขอความคิดเห็นให้ระดับความเหมาะสม ของผู้ดูแลอาคารที่ได้ให้ข้อมูลทางเทคนิค ทั่วไปของอาคารชุดฯที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลโดยโปรแกรมสถิติ โดยมีรายละเอียดที่เกี่ยวข้อง เกี่ยวกับการวิเคราะห์หาค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด, ค่าเฉลี่ย Mean หรือ \bar{X} , ค่าส่วนเบี่ยงเบน S.D ของแบบฟอร์มฯ ของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้กลุ่มตัวอย่างมีจำนวนมากกว่า 352 ตัวอย่าง ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดจำนวน 485 ตัวอย่าง ซึ่งบางอาคารชุดอาจไม่ได้กรอกข้อมูล หรือ ไม่มีข้อมูลในบางรายการบางหัวข้อ ก็จะทำให้จำนวนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมดน้อยกว่า 485 ตัวอย่างได้

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯที่อยู่ในกรุงเทพมหานคร ที่เกี่ยวข้องนี้ การวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของแบบฟอร์มฯ โดยการใช้โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ใส่ ข้อมูลการวิเคราะห์ของตอนที่ 1

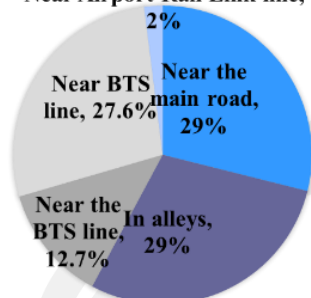
ตารางที่ 41 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรม สถิติ

Item of Question	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ตอนที่ 1				
1. Condo Location	485	3.71	1.96	0.89
2. Condo Height	483	2.73	1.00	0.05
3. Avg Room Size	485	2.35	1.11	0.05
4. Room Occupants	485	2.38	0.69	0.03
5. Condo Occupants	485	2.74	0.92	0.04
6. Central Tr Used	483	1.16	0.37	0.02

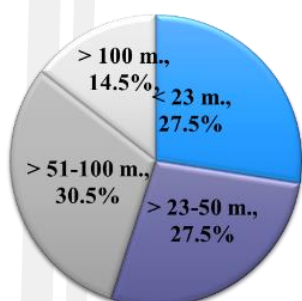
จากผลการวิเคราะห์ทางสถิติ โดยใช้โปรแกรม Google Form และการใช้โปรแกรมทาง สถิติ โดยมีค่า Mean และ S.D ซึ่งจะสามารถสรุปผลประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดฯที่ มีปัจจัยต่างๆ ประกอบดังนี้

1. ที่ตั้งอาคารชุดฯ มีจำนวน 485 ตัวอย่าง โดยเลือกที่ตั้งในซอยร่วมด้วย Mean = 3.71, S.D = 1.96 ที่ตั้งอาคารชุดฯจะมีสัดส่วนหลักๆ ในซอย ที่ใกล้ถนนใหญ่ และใกล้ BTS ที่มีสัดส่วน ใกล้เคียงกัน คือ เกือบ 30% และมีการเลือกที่ตั้งใกล้ MRT ที่ 12%

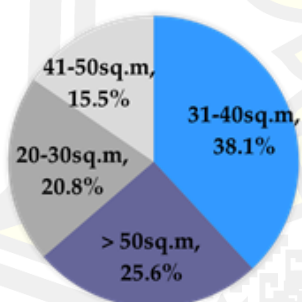
Near Airport Rail Link line,



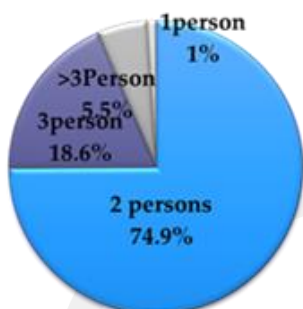
2. อาคารชุดมีความสูงมีจำนวน 485 ตัวอย่าง มากกว่า 51 - 100 เมตร Mean = 2.73, S.D = 1 ความสูงอาคารชุดมีมากกว่า 23 - 50 เมตรที่ 30.5% มากกว่า 51 - 100 เมตรและมากกว่า 100 เมตรที่ 27.5%



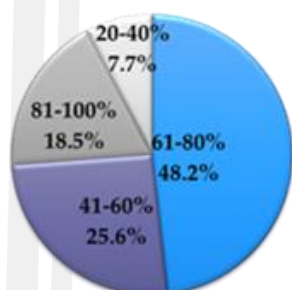
3. ขนาดพื้นที่ห้องมีจำนวน 485 ตัวอย่าง โดยเฉลี่ย มากกว่า 50 ตร.ม. Mean = 4, S.D = 1.11 ขนาดพื้นที่ 31-40ตร.ม. = 38.1% พื้นที่มากกว่า 50ตร.ม = 25.6% พื้นที่ 20-30ตร.ม = 20.8%



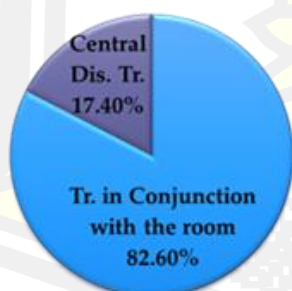
4. จำนวนผู้พักในห้องมีจำนวน 485 ตัวอย่าง โดยเฉลี่ย=2 คน Mean = 2.38, S.D = 0.69 จำนวนผู้พักในห้องชุด 2 ท่าน = 74.9% และ 3 ท่าน = 18.4%



5. จำนวนผู้พักในอาคารชุดมีจำนวน 485 ตัวอย่าง โดยเฉลี่ย 61-80% Mean = 2.74, S.D = 0.92 ผู้พักในอาคารชุด 61-80% = 48.2% และ 81 - 100% = 25.6%



6. หม้อแปลงจ่ายส่วนกลางเฉพาะมีจำนวน 483 ตัวอย่าง โดยเฉลี่ย 82.6% หมายถึง ใช้ร่วมกับหม้อแปลงที่จ่ายเข้าห้องพัก Mean = 1.16 S.D = 0.37 หม้อแปลงจ่ายส่วนกลางเฉพาะที่ 17.4% และใช้หม้อแปลงร่วมกับที่จ่ายเข้าห้องชุดที่ 82.6%



ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลทางเทคนิคของแบบฟอร์มฯ โดยการใช้โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งผลการวิเคราะห์ที่ได้ใส่ข้อมูลการวิเคราะห์ของตอนที่ 2 ตามตาราง

ตารางที่ 42 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ

Item of Question	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ตอนที่ 2				
1. Condo Floor	485	23.81	13.84	0.63
2. I _{Rated}	484	2,034.56	707.89	32.18
3. I _{use}	483	145.65	108.39	4.93
4. % I _{use} / I _{Rated}	484	0.11	0.84	0.04
5. Level I _{use} / I _{Rated}	484	1.17	0.60	0.03
6. I _{use} / I _{CB AT}	485	0.06	0.06	0.00
7. Level I _{use} / I _{CB AT}	485	1.13	0.56	0.03
8. กระแสเมื่อมีพัดลม	484	2,848.39	991.05	45.05
9. I _{use} / I _{Fan}	484	0.08	0.60	0.03
10. CB AT	485	2,548.45	1,068.97	48.54
11. CB AF	485	2,667.96	1,081.69	49.12
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=507.13 อาคารชุดมีการใช้ขนาดหม้อแปลง โดยเฉลี่ย 1,432 kVA
3. พิกัดกระแสของหม้อแปลง Mean=2,034 A. S.D=707.89 อาคารชุดที่หม้อแปลงขนาดเฉลี่ย 1,432kVA มีพิกัดกระแสโดยเฉลี่ย 2,034 A.

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

5. $\%I_{use} / I_{Rated}$ Mean=10.9% S.D=8% ปริมาณกระแสใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละ โดยเฉลี่ย 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 เป็นอัตราส่วนร้อยละ โดยเฉลี่ย 6.4% ที่ Ampere Trip: AT ของ Circuit Breaker

8. กระแสเมื่อมีพัดลม Mean=2,848A S.D=991.05 หม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งที่ใช้ใน อาคารชุดฯจะมีติดพัดลมเพื่อสำหรับการจ่ายกระแสไฟฟ้าเกินขึ้นมาได้ 40% ในช่วงเวลาหนึ่ง ดังนั้น ขนาดหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ได้จาก SPSS ที่ขนาด 1,431 kVA จ่ายกระแสได้ตามพิกัดปกติที่ 2,034 A. และจะสามารถจ่ายกระแสเกินชั่วขณะได้โดยเฉลี่ยที่ 2,848 A.

9. $\%I_{use} / I_{Fan}$ Mean=7.8% S.D=6% ปริมาณกระแสใช้จริงโดยเฉลี่ย เป็นอัตราส่วน ร้อยละโดยเฉลี่ย 7.8% ของ พิกัดกระแสของหม้อแปลงไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นโดยการมีพัดลมช่วยระบาย ความร้อน

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

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

ตอนที่ 3 ขอความคิดเห็น เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการ ใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

1. ท่านคิดว่าการใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน มีความเหมาะสมกับขนาด AF ของ Main C.B ระดับใด Mean = 0.95 S.D = 0.28 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่ เหมาะสม

2. การปรับตั้งค่า AT ที่ Main C.B มีความเหมาะสมกับการใช้กระแสไฟฟ้า ระดับใด Mean = 0.94 S.D = 0.26 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม

3. ท่านคิดว่าการใช้กระแสที่ส่วนกลางมีความเหมาะสมกับขนาด AF ของ C.B ส่วนกลาง ระดับใด Mean = 0.92 S.D = 0.3 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้ และตั้งค่าที่เหมาะสม

4. การปรับตั้งค่า AT ที่ C.B ส่วนกลาง มีความเหมาะสมกับการใช้กระแสไฟฟ้า ส่วนกลาง ระดับใด Mean = 0.96 S.D = 0.21 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้ และตั้งค่าที่เหมาะสม
5. ท่านคิดว่าการใช้กระแสมีความเหมาะสมกับขนาด AF ของ Tie C.B ระดับใด Mean = 0.92 S.D = 0.27 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม
6. การปรับตั้งค่า AT ที่ Tie C.B มีความเหมาะสมกับการใช้กระแสไฟฟ้า ระดับใด Mean = 0.90 S.D = 0.32 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม
7. ท่านคิดว่าการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมกับขนาดของหม้อแปลงมีความเหมาะสมระดับใด Mean = 0.93 S.D = 0.25 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม
8. ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมของ Step ที่ใช้งานกับจำนวน Step ทั้งหมดของ Capacitor Bank ระดับใด Mean = 0.89 S.D = 0.35 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม
9. ท่านคิดว่าการออกแบบให้หม้อแปลงไฟฟ้าและ C.B มีขนาดใหญ่ เพื่อไว้มาก มากกว่า ค่าการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่เกิดขึ้นจริง จะมีความเหมาะสมกับระบบไฟฟ้า ระดับใด Mean = 0.83 S.D = 0.49 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่เหมาะสม
10. ท่านคิดว่าการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีความใหญ่ เกินขนาดการใช้งานมากๆ จะความเหมาะสมกับระบบไฟฟ้าระดับใด Mean = 0.55 S.D = 0.76 แสดงให้เห็นถึงว่าผู้ดูแลอาคาร เห็นว่ามีการเลือกใช้และตั้งค่าที่ไม่แน่ใจ

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารชุด

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

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

Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample)
เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)
การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference หรือ 95% ช่วงเชื่อมั่น

ตารางที่ 43 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่น
ที่ 95%

Item of Question	Test Value = 0					
	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
ตอนที่ 1						
1. ที่ตั้งอาคารชุด	41.75	484	0.0	3.7	3.5	3.9
2. อาคารชุดมีความสูง	60.15	482	0.0	2.7	2.6	2.8
3. ขนาดห้องโดยเฉลี่ย	46.65	484	0.0	2.3	2.2	2.4
4. จำนวนผู้พักในห้องโดยเฉลี่ย	75.60	484	0.0	2.4	2.3	2.4
5. ผู้พักในอาคารฯโดยเฉลี่ย	65.63	484	0.0	2.7	2.7	2.8
6. หม้อแปลงจ่ายส่วนกลางเฉพาะ	69.53	482	0.0	1.2	1.1	1.2
ตอนที่ 2						
1. อาคารมีจำนวนชั้น	37.89	484	0.0	23.8	22.6	25.0
2. พิกัดกระแสของ Tr	63.23	483	0.0	2,034.6	1,971.3	2,097.8
3. อาคารใช้กระแสจริง	29.53	482	0.0	145.6	136.0	155.3
4. %luse / IRated	2.85	483	0.0	0.1	0.0	0.2
5. Level luse / IRated	42.86	483	0.0	1.2	1.1	1.2
6. luse / ICB AT	21.74	484	0.0	0.1	0.1	0.1
7. Level luse / ICB AT	44.05	484	0.0	1.1	1.1	1.2
8. กระแสเมื่อมีพัดลม	63.23	483	0.0	2,848.4	2,759.9	2,936.9
9. luse / Ifan	2.85	483	0.0	0.1	0.0	0.1
10.CB AT	52.50	484	0.0	2,548.5	2,453.1	2,643.8
11.CB AF	54.32	484	0.0	2,668.0	2,571.5	2,764.5
12.Capacitor ที่ใช้งาน	7.90	481	0.0	0.1	0.1	0.2
13.Total Cap	94.12	474	0.0	10.4	10.2	10.7

ตารางข้างต้น ได้สรุปผลการทดสอบ T Test ของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัย 100% เป็นไปในทางเดียวกัน เพราะได้ค่า Sig 2 tailed หรือ P Value ที่น้อยกว่า 0.05 และค่าความเชื่อมั่นที่ 95% อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้อย่างดีทั้งหมด

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

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1 รวม 6 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯ สรุปได้ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา $\alpha = 0.16$ ถือว่า ไม่มีความเชื่อมั่น เนื่องจากเป็นคำถามทั่วไป ซึ่งอ่านไม่สอดคล้องกันในแต่ละข้อ (Jerry J. Vaske, Jay Beaman & Carly C. Sponarski, 2017)

ตารางที่ 44 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 1

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

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 รวม 11 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารชุดฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา $\alpha = 0.832$ ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตารางที่ 45 ตาราง ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2

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

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3 รวม 10 ข้อคำถาม เป็นข้อมูลการประเมินระดับความเหมาะสมของตอนที่ 2 ในส่วนทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารชุดฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา $\alpha = 0.772$ ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตารางที่ 46 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 3

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

สำหรับภาพรวมทุกแบบฟอร์มฯ รวม 27 ข้อคำถาม ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา $\alpha = 0.795$ ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูง

ตารางที่ 47 ค่าความเชื่อมั่นของแบบฟอร์มฯ ทั้งหมด

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

การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่น เพิ่มเติมอีก 1 กลุ่ม

การทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มอื่นเพิ่มเติมอีก 1 กลุ่ม ที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในปริมาณสูง เนื่องจากการออกแบบระบบไฟฟ้ามีหลักการส่วนใหญ่เหมือนกัน และการออกแบบระบบไฟฟ้านั้นต้องมีการเผื่อการใช้งานแบบเต็มที่และการใช้งานในอนาคต เพื่อให้เหมาะสมของการออกแบบและการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าตามมาตรฐานติดตั้งฉบับปัจจุบัน พ.ศ.2556 จึงขอเพิ่มเติมการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับสถานพยาบาล เพื่อเป็นการทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด โดยสถานพยาบาลที่มีหลากหลายอาคารเพื่อการแพทย์ ซึ่งสถานพยาบาลถือว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าแบบวิกฤติ โดยการแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ส่วนข้อมูลทางเทคนิคในตอนี่ 2 ไปสำรวจการใช้พลังงานไฟฟ้าในสถานพยาบาล และใช้สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ ผู้วิจัยได้เลือกกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ไม่เกี่ยวข้องกันมาตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ เป็นกลุ่มตัวอย่างประชากรในสถานพยาบาล ที่มีกลุ่มตัวอย่างการทดสอบที่ 50 ตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลที่ได้จากสถานพยาบาลลงในแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 ที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างประชากรที่ได้ตั้งเป้าหมายไว้เป็นกลุ่มสถานพยาบาล มาแปลงเป็น Excel แยกแยะข้อมูลในแต่ละตอน แต่ละหัวข้อ เพิ่มเติมรายการคำนวณทางเทคนิค และนำเข้าสู่โปรแกรมทางสถิติ

เพื่อเป็นการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยใช้หลักการทางสถิติ เพื่อสร้างความเชื่อถือของเครื่องมือ โดยการนำแบบฟอร์มฯ ไปทำการเก็บข้อมูลทางเทคนิคไปทดลองใช้ (Try-Out) กับอาคารที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เป็นกลุ่มโรงพยาบาลที่มีการใช้ข้อมูลในช่วงระหว่าง 10.00-11.00น. หรือ 14.00 – 16.00 ซึ่งน่าจะเป็นช่วงที่มีการใช้พลังงานโดยรวมสูงสุดของช่วงเช้าและช่วงบ่าย โดยกลุ่มโรงพยาบาลดังกล่าว เป็นกลุ่มโรงพยาบาลภาครัฐ ที่ให้บริการประชาชนที่มีจำนวนมาก จำนวนหม้อแปลง 30 ตัว ภายใน 10 อาคาร และจะจัดหาข้อมูลการสำรวจจำนวนของหม้อแปลงให้มากกว่า 30 ตัวอย่าง โดยสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ รวมถึงการวิเคราะห์การหาค่าอำนาจจำแนกโดยใช้สถิติ T-Test เพื่อเปรียบเทียบทางเทคนิคเฉพาะบางข้อ เนื่องจากมีข้อกำหนดที่แตกต่างกัน โดยนำข้อมูลทางเทคนิคที่เข้ามาประมวลผ่านโปรแกรมทางสถิติ จะได้ Discriptive Statistics ดังนี้

ตารางที่ 48 ตารางผลการวิเคราะห์ทางสถิติค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยโปรแกรมสถิติ

Item of Question	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
1. Tr. Size	50	1683.00	509.66	72.08
2. ITr.Rated	50	2429.20	735.92	104.07
3. ITr.Fan	50	3401.04	1,030.44	145.73
4. Iuse	50	415.44	426.60	60.33
5. Level Iuse / I _{TrRated}	50	16.734	14.87	2.10
6. Iuse / I _{TrRated}	50	2.20	1.43	0.20
7. MainC.B. AF	50	3103.00	1,051.74	148.74
8. MainC.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 โดยเฉลี่ย 1,683kVA Mean = 1,683 kVA S.D = 509.66
2. I_{Rated} พิกัดกระแสของหม้อแปลง โดยเฉลี่ย 2,429.2 A Mean = 2,429.2 A. S.D =

735.9

3. $I_{Tr.Fan}$ กระแสไฟที่สามารถจ่ายโหลดเกินได้ กรณีใช้พัดลมช่วยระบายความร้อน จะได้ กระแสไฟที่สามารถจ่ายไฟเกินชั่วคราว โดยเฉลี่ย 3,400 A Mean = 3,400 A. S.D = 1,030

4. I_{use} กระแสไฟที่ใช้งานจริงของทั้งอาคาร โดยเฉลี่ย 415A Mean = 415A. S.D = 426.6 กระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริงทั้งอาคารโดยเฉลี่ย 415A. หรือ 16.7% ของพิกัดกระแสของหม้อแปลง

5. $\%I_{use}/I_{Tr.Rated}$ โดยเฉลี่ย 16.7 % Mean = 16.7 % S.D = 14.87 ปริมาณกระแสใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละโดยเฉลี่ย 16.7% ของพิกัดกระแสของหม้อแปลง

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

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

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

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

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

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

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

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับอาคารสถานพยาบาล

การตรวจสอบคุณภาพและทวนสอบการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับกลุ่มตัวอย่างอื่น เพื่อการตรวจสอบเครื่องมือการวิจัย ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวม โดยได้เลือกกลุ่มประชากรเพิ่มเติมอีกหนึ่งกลุ่ม ตามหลักการในการตรวจสอบเพื่อเป็นการทวนสอบผลการวิจัย หรือการตรวจสอบผลทางด้านวิศวกรรม ที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการนำกลุ่มที่เกี่ยวข้องกัน หรือกลุ่มที่มีพฤติกรรมที่มีนัยสำคัญมาเปรียบเทียบ ในการออกแบบระบบไฟฟ้า สำหรับกลุ่มที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปริมาณที่สูงๆ หรือถือได้ว่าเป็นส่วนวิกฤติ ทางวิศวกรรมก็

ต้องถือว่าในสถานพยาบาลเป็นส่วนที่มีความวิกฤติที่สุดในหลายๆกลุ่ม การออกแบบระบบไฟฟ้าจำเป็นต้องมีข้อกำหนดที่ชัดเจนยิ่งขึ้นที่จะต้องมีการออกแบบให้เพียงพอกับการใช้งาน โดยการออกแบบก็จะมีส่วนคล้ายๆ กันตามหลักการพื้นฐานของการออกแบบระบบไฟฟ้า 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

Degree of Freedom คือค่าที่ใช้เพื่อชดเชย ความผิดพลาดของตัวอย่าง (Sample) เมื่อนำมาคำนวณหาค่าสถิติ คือค่าการกระจายของข้อมูล (Standard Deviation)

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

ตารางที่ 49 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของการทดสอบ Sig หรือ P Value และค่าความเชื่อมั่นที่ 95%

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

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

ผลการทดสอบ T Test ของการใช้พลังงานโดยรวมของสถานพยาบาลและของอาคารชุดที่พักอาศัย 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 การประเมินพลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร ใช้สัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) (William A. Mehrens, 1984: 276)

สำหรับแบบฟอร์มฯ ตอนที่ 2 รวม 13 ข้อคำถามเป็นข้อมูลทางเทคนิค ที่เป็นส่วนสำคัญของงานวิจัยของอาคารชุดฯ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) สัมประสิทธิ์แอลฟา $\alpha = 0.915$ ถือว่า มีความเชื่อมั่นสูงมาก

ตารางที่ 50 ตารางความเชื่อมั่น

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

การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะด้านโดยตรง

การสัมภาษณ์ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากผลการวิเคราะห์ การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย และการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารสถานพยาบาล โดยการนำแบบฟอร์มฯ และ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากผลการใช้โปรแกรมทางสถิติ ไปโดยผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน ที่มีคุณสมบัติ เป็นผู้เชี่ยวชาญมีความรู้ความสามารถเฉพาะด้านวิศวกรรมไฟฟ้าในส่วนของอาคารชุด อาคารสถานพยาบาล เป็นต้น โดยรายชื่อและคุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านมีดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ (อาจารย์) ประสบการณ์มากกว่า 40 ปี: วพก.)
พ.ศ. 2510 จบปริญญาตรีวิศวกรรมไฟฟ้าที่ UNIVERSITY OF NEW SOUTH WALES
พ.ศ. 2524 จบปริญญาโทวิศวกรรมไฟฟ้าที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2511 – 2543 อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2543 – 2562 อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าที่ มหาวิทยาลัยมหานคร

ความเชี่ยวชาญ : ออกแบบระบบไฟฟ้า ระบบแสงสว่าง การประหยัดพลังงานไฟฟ้า การป้องกันระบบไฟฟ้า การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

ผลงานทางวิชาการ : การออกแบบระบบไฟฟ้า การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า เทคนิคการปรับปรุงตัวประกอบกำลัง การออกแบบระบบแสงสว่าง การป้องกันระบบไฟฟ้า การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้า

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

พ.ศ. 2521 จบปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล

พ.ศ. 2526 จบปริญญาโท วิศวกรรมไฟฟ้า Texas, USA

พ.ศ. 2520 – 2556 อดีตผู้อำนวยการไฟฟ้าเขตมินบุรี 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 คณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพ

ระดับวุฒิวิศวกร 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 (กรรมการสภาวิศวกร สภาวิศวกร : วฟก.)

ประสบการณ์การทำงาน การสอน การบรรยาย มากกว่า 40 ปี

พ.ศ. 2528 จบปริญญาตรี วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

พ.ศ. 2542 จบปริญญาโท บริหารธุรกิจ สถาบันบัณฑิตพัฒนบริหารศาสตร์ NIDA

พ.ศ. 2528 - 2562 อดีตผู้อำนวยการเขตสมุทรปราการ การไฟฟ้านครหลวง

พ.ศ. 2557 – 2559 ประธานสาขาวิศวกรรมไฟฟ้า วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย

พ.ศ. 2562 – 2564 กรรมการสภาวิศวกร สภาวิศวกร สมัยที่ 7

4. อาจารย์สุธี ปิ่นไพสิฐ (อดีตผู้อำนวยการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ : วฟก.)

พ.ศ. 2529 จบปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

พ.ศ. 2543 – 2562 อดีตผู้อำนวยการสำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ สำนักวิศวกรรมโครงสร้างและงานระบบ กรมโยธาธิการและผังเมือง

พ.ศ. 2556 -2564 คณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพ ระดับวุฒิวิศวกร 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. คุณภูเจียร 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 คณะกรรมการทดสอบความรู้ความชำนาญการประกอบวิชาชีพ

ระดับวุฒิวิศวกร และสามัญวิศวกร สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สภาวิศวกร

7. ศาสตราจารย์ ดร.วรวัฒน์ เสี่ยมวิบูล อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พ.ศ. 2539 จบปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2542 จบปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่น

พ.ศ. 2549 จบปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร

ประธานหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
กรรมการสภาวิชาการวิทยาลัยพิษณุพนธ์

กรรมการบริหารคณะกรรมการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

กรรมการตรวจการจ้าง มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผลการสัมภาษณ์ ทางผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่าน ได้ให้ข้อคิดเห็นในส่วนการให้ระดับความเหมาะสมของการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ในทิศทางเดียวกัน 100% ว่า การเลือกใช้และการปรับตั้งค่าของอุปกรณ์ป้องกันหรือบริภัณฑ์ไฟฟ้าไม่เหมาะสมกับการใช้พลังงานโดยรวมที่เกิดขึ้นจริง จากตารางการหาค่าความเที่ยงตรงของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 7 ท่าน ค่า IOC : Index of item objective congruence ได้ผลรวม -1 ทั้ง 10 ข้อ และผู้เชี่ยวชาญทั้ง 7 ท่านยังมีข้อเสนอแนะ จากผลการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า การใช้งาน และการวิเคราะห์ข้อมูลจากการใช้โปรแกรมสถิติ ซึ่งมีข้อแนะนำดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประสิทธิ์ พิทยพัฒน์ การใช้โหลดของคอนโดตามบทที่ 9 โดยทั่วไปจะใหญ่เกินไป ขอให้ไปศึกษาวิธีของ NEC
2. นายลือชัย ทองนิล ผู้ติดตั้งและใช้งาน ยังขาดความรู้เรื่องการเลือกอุปกรณ์ป้องกันหม้อแปลง
3. นายสุธี ปิ่นไพสิฐ การใช้ไฟของอาคารมีตัวแปรค่อนข้างมาก จากทั้งผู้อยู่อาศัย เชิงธุรกิจและการตลาดขององค์กร
4. ดร.วิโรจน์ บัวคลี่ การเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้า ควรให้มีขนาดที่เหมาะสมกับความต้องการใช้ไฟฟ้า โดยต้องคำนึงถึงหลักเศรษฐศาสตร์และความปลอดภัยร่วมด้วย

นำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้สำหรับการบริหารจัดการพลังงานไฟฟ้า ตามหลักการการจัดการ

การบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าโดยรวม ตามหลักการการจัดการการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า โดยการนำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้วิเคราะห์ เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย และเพื่อช่วยยืดอายุของหม้อแปลงไฟฟ้าและเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าส่วนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ซึ่งน่าจะถือเป็นการบริหารต้นทุนที่มีคุณภาพของทางนิติบุคคลที่ดูแลอาคารชุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ A. Lari and A. Asllani (2013)

การบริหารจัดการด้านพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของหม้อแปลงที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารชุดในปริมาณน้อยๆ หลายหม้อแปลง จะมีผลทำให้มีการสูญเสียพลังงานอย่างมากหลายเท่าตัวตามจำนวนของหม้อแปลง ซึ่งการบริหารจัดการ การเลือกใช้หม้อแปลงเพียง 1 ตัว จากที่ออกแบบมา 2 ตัว (การออกแบบหม้อแปลง 2 ตัว เพื่อแบ่งกันจ่ายพลังงานไฟฟ้าและเมื่อไว้ใช้ทดแทนกันเมื่อหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งอาจเสียหรือซ่อมบำรุง) ก็จะทำให้มีการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าโดยรวมสูญเสียที่เกิดขึ้นที่หม้อแปลงได้อย่างมากถึง 100% ที่เกิดขึ้น เพื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับอาคารชุดที่มาจากหม้อแปลงไฟฟ้า โดยหม้อแปลงไฟฟ้าจะมีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารชุด และในหม้อแปลงไฟฟ้าก็มีค่า

กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นจากการทำงานเพื่อจ่ายพลังงานไฟฟ้า กำลังสูญเสียที่เกิดขึ้นที่หม้อแปลงไฟฟ้า โดยหลักจะมีอยู่ 2 ส่วนคือ

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

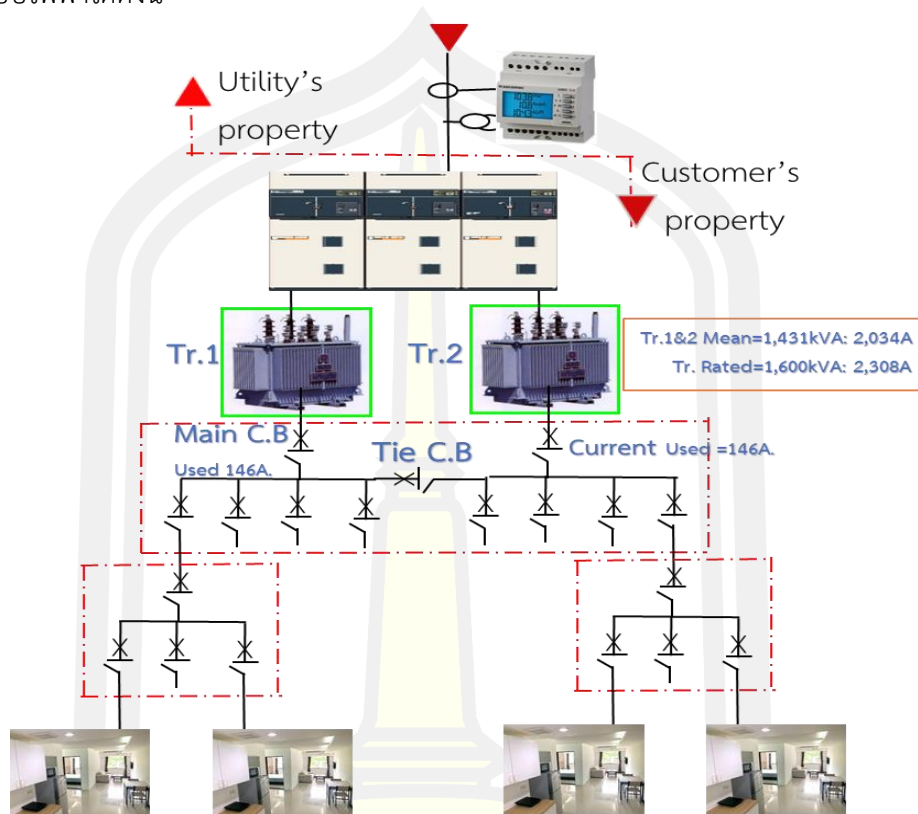
2 กำลังสูญเสียไฟฟ้ามีโหลด (Load Loss) คือกำลังสูญเสียในขดลวด (Copper Loss) ของหม้อแปลงเมื่อต่อโหลดเข้ากับขดลวดทุติยภูมิ กำลังไฟฟ้าสูญเสียที่เกิดขึ้นมีสาเหตุเนื่องจากความต้านทานในขดลวด ซึ่งค่า Load Loss นี้จะแปรตาม I^2R หรือ $(kVA)^2$ ในปัจจุบันบริษัทผู้ผลิตหม้อแปลงหลายแห่งได้ทำการออกแบบและผลิต Low Loss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

ตารางที่ 52 พิกัดหม้อแปลงแบบแห้ง 3 เฟส แรงดัน 24 kV / 230-400V และกำลังสูญเสียไฟฟ้า

หม้อแปลง (kVA)	No-load Loss (W)	Load Loss at 75C (W)	Total Losses at 75C (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

จากตารางพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้งที่นิยมใช้งานสำหรับอาคารชุด ที่มีกำลังสูญเสียไฟฟ้าค่อนข้างสูงมากทั้งที่มีการใช้งานในปริมาณน้อยหรือปริมาณมากก็ตาม ซึ่งสามารถนำหลักการหม้อแปลงไฟฟ้าในส่วนกำลังสูญเสียไฟฟ้ามาใช้วิเคราะห์ร่วมกับผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้า

โดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทยมาแล้ว จะสามารถเขียนเป็นภาพวงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้าได้ดังนี้



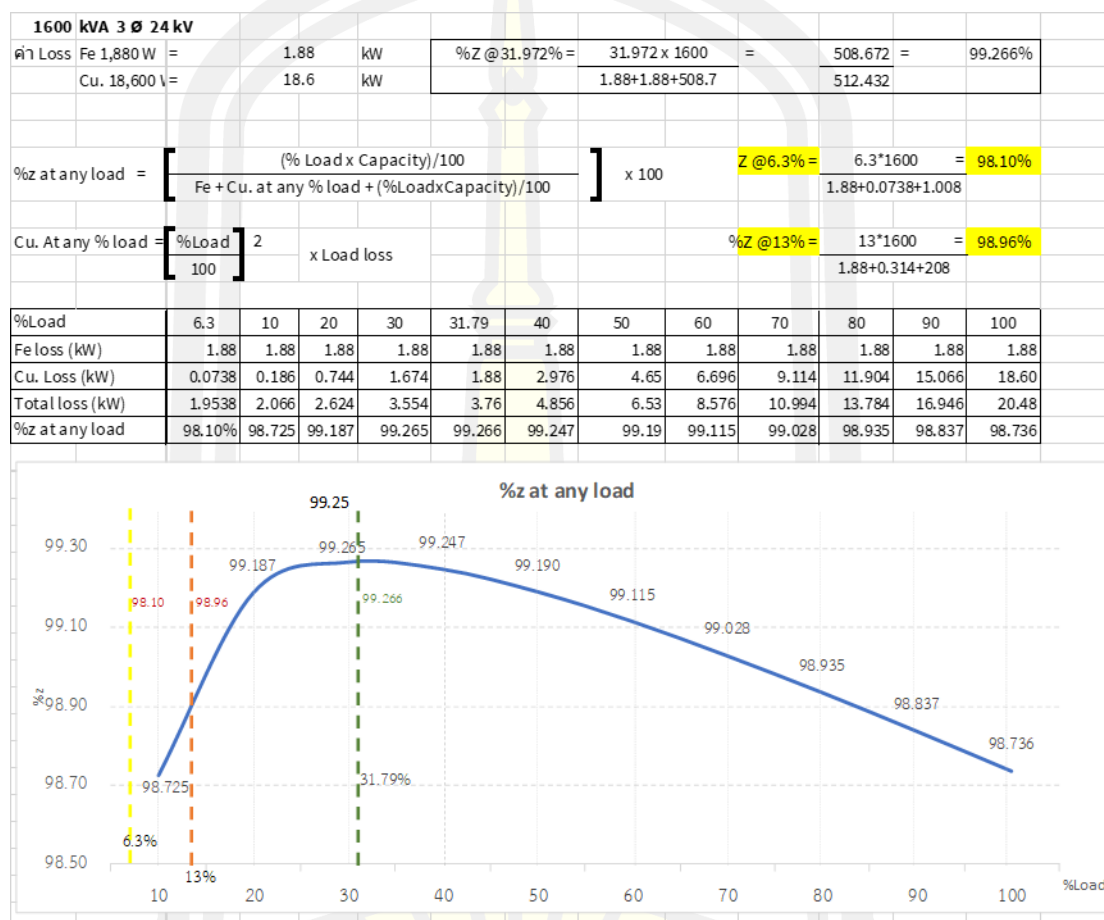
ภาพประกอบ 25 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้า

จากภาพประกอบด้านบน ผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ใน กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย ได้เห็นอย่างชัดเจนแล้วว่าหม้อแปลงไฟฟ้าแต่ละตัวของอาคารชุดที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับอาคารชุดนั้น มีการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพียง 6.3% เท่านั้น ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วในอาคารชุดจะมีหม้อแปลงไฟฟ้าจำนวน 2 ชุด เป็นอย่างน้อย เพื่อไว้สำหรับการสำรองหรือการใช้งานทดแทนกันในกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าหรือ เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ส่วนใดส่วนหนึ่งเสียหายสามารถทำการถ่ายโอนการใช้พลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงอีกตัวมาจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพื่อทดแทนและให้อาคารชุดนั้นสามารถใช้ไฟฟ้าได้ เพื่อให้เกิดความมั่นคง ความเสถียรภาพทางไฟฟ้า

สำหรับหลักการบริหารจัดการสามารถเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้าที่ละตัวได้ เช่น ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 1 หรือ (Tr.1) และปิดการใช้งานของหม้อแปลงไฟฟ้าตัวที่ 2 หรือ (Tr.2) เพียงเท่านี้ ก็จะประหยัดกำลังสูญเสียไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้า 1 ตัว หรือ ลดลง 50%

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้ขนาดของหม้อแปลงโดยเฉลี่ยที่ 1,431kVA จ่ายกระแสไฟฟ้าได้เฉลี่ย 2,034A เนื่องด้วยผู้ผลิตจะมีผลิตภัณฑ์ขนาดหม้อแปลงที่ 1,600kVA จ่ายกระแสไฟฟ้าได้

2,308A ดังนั้นขอกกล่าวถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าความสูญเสียต่างๆ ตามพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1600 kVA และการใช้กระแสจริงโดยเฉลี่ยที่ 146 A. หรือประมาณ $146 / (1600 \times 1.443) = 6.3\%$ ของพิกัดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1,600kVAภาพ กำลังสูญเสียไฟฟ้าสำหรับการจ่ายพลังงานไฟฟ้าตามเปอร์เซ็นต์การใช้งานที่ 6.3%



ภาพประกอบ 26 กราฟการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าความสูญเสียตามพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 1600 kVA

จากการวิเคราะห์ข้อมูล ผลทางสถิติได้ให้ค่าต่างๆ ตามกราฟด้านบน ดังนี้

- ค่าเฉลี่ยของการใช้หม้อแปลงที่ 1,431 kVA ดังนั้นขอเลือกใช้การพิจารณาค่า %Z at any load ตามภาพ 2 หม้อแปลงที่ขนาด 1,600kVA
- ค่าเฉลี่ยของการใช้กระแสไฟฟ้าที่ 6.3% ของพิกัดกระแสไฟฟ้าหม้อแปลงไฟฟ้าโดยเฉลี่ย

จากผลการเก็บข้อมูลและได้วิเคราะห์ผลทางสถิติ มีค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้า ตามผลทางสถิติ เมื่อเราลดจำนวนการใช้งานของหม้อแปลงจากเดิม 2 ตัว เหลือการใช้งานหม้อแปลงเพียง 1

ตัว หม้อแปลงตัวนี้จะต้องรับภาระการจ่ายกระแสไฟหรือพลังงานไฟฟ้าเป็น 13% ($6.3 \times 2 = 12.6$ หรือ 13%) ดังนั้นการทำงานของหม้อแปลงที่ต้องมีการสูญเสียของแกนเหล็กและขดลวด จะมีผลกับระดับการจ่ายกระแสของหม้อแปลงด้วย จากกราฟจะเห็นได้ว่า เมื่อหม้อแปลงทำงานในช่วงที่หม้อแปลงจ่ายกระแสไฟหรือพลังงานไฟฟ้าประมาณ 31.79% จะมีความสูญเสียของแกนเหล็กเท่ากับ ความสูญเสียของขดลวดทองแดง จะทำให้มีประสิทธิภาพที่สูงสุด ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบผลจากการวิเคราะห์ทางสถิติที่ใช้กระแสไฟฟ้าต่อหม้อแปลง 1 ตัว และการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ 6.3% ที่ 13% และที่ 31.79% ของหม้อแปลงขนาด 1600kVA จะมีความสูญเสียโดยรวม และประสิทธิภาพ %z at any load ดังนี้

Tr.จ่ายพลังงาน= 6.3% Total Loss 1,954 W Eff. = 98.10% (Tr.1ตัว) ถ้าใช้ Tr.2
ตัวจ่ายพลังงาน= 6.3%/ตัว Total Loss 1,954 x 2 = 3,908 W

Tr.จ่ายพลังงาน= 13.00% Total Loss 2,194 W Eff. = 98.960% (Tr.1ตัว)

Tr.จ่ายพลังงาน= 31.79% Total Loss 3,760 W Eff. = 99.266% (Tr.1ตัว)

สรุปได้ว่าการเก็บข้อมูลการเลือกใช้หม้อแปลงจำนวน 485 ตัว ของอาคารชุดที่พักอาศัย ใน กรุงเทพมหานคร แล้วนำมาทำการจัดการข้อมูล วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ทางสถิติ จะได้ค่าเฉลี่ยการใช้หม้อแปลงเป็นขนาด 1,431 kVA ซึ่งในทางปฏิบัติผู้ผลิตมีการผลิตที่พิกัด 1600 kVA การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเพียง 6.3% ของพิกัดหม้อแปลง จากผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านการจัดการ โดยสถิติ สามารถลดขนาดหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือเพียง 1 ตัวได้ และจะมีการลดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงลง ลดค่าความสูญเสีย โดยรวม เท่ากับ 1,714 W ($3,908 - 2,194 = 1,714$ W) ซึ่งการใช้งาน 24ชม. การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยรวมที่สูญเสียไป = 41,136 W/Day ($1,714 \times 24 = 41,136$) และยังเป็น การลดการบำรุงรักษา หม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงเป็นการยืดอายุหม้อแปลงไฟฟ้า

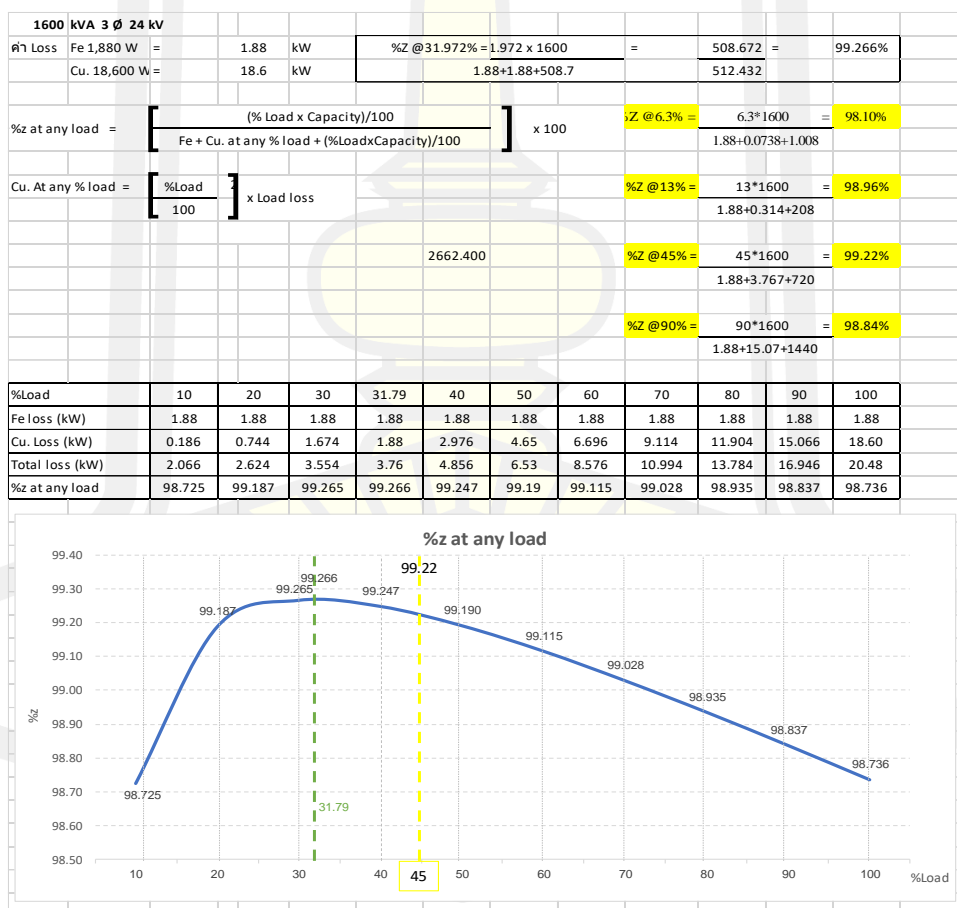
ทั้งนี้หากคิดจากผลการจัดการข้อมูลและการวิเคราะห์ทางสถิติเบื้องต้นแล้ว จะยกตัวอย่าง 2 กรณี การใช้งานแบบเกือบเต็มประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้าที่การจ่ายพลังงานไฟฟ้า 90% (คิดว่ามีการจ่ายพลังงานไฟฟ้า 90% และยังมีเผื่อการเพิ่มเติมโหลดสำหรับอนาคตอีก 10%) ของพิกัด หม้อแปลง ขนาด 1600 kVA จำนวน 1 ตัว แทนการใช้หม้อแปลง 2 ตัว ที่มีการใช้งานจ่ายพลังงาน ไฟฟ้าที่ 45% ของพิกัดหม้อแปลงต่อตัว ดังนี้

Tr.จ่ายพลังงาน= 31.79% Total Loss 3,760 W Eff. = 99.266% (Tr.1ตัว)

Tr.จ่ายพลังงาน= 45% Total Loss 5,647 W Eff. = 99.22 % (Tr.1ตัว) ถ้าใช้ Tr.2
ตัวจ่ายพลังงาน= 45% Total Loss 5,647 W x 2 = 11,294 W

Tr.จ่ายพลังงาน= 90% Total Loss 16,946 W Eff. = 98.84% (Tr.1ตัว)

ดังนั้นใช้ Tr. จ่ายพลังงานที่ 90% จะมีค่าความสูญเสียโดยรวมมากกว่า Tr.จ่ายพลังงานที่ 45% จำนวน 2 ตัว 16,947-11,294=5,653 W ทั้งนี้ถ้าดูโดยผิวเผินและโดยทั่วไปหม้อแปลงควรจ่ายไฟได้น้อยกว่า 80%-90% ดังนั้น หม้อแปลงหนึ่งตัวในอาคารนั้นๆ จึงควรจ่ายกระแสไฟฟ้าในส่วนที่ออกแบบให้จ่ายไฟ ประมาณ 40%-45% ต่อหม้อแปลง 1 ตัวและเมื่อมีการสลับการใช้หม้อแปลง หรือ การลดหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือ 1 ตัว โดยให้หม้อแปลงจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ 90% หม้อแปลงดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพอยู่ที่ไม่น้อยกว่า 98.84 % และความสูญเสียโดยรวมเท่ากับ 16,946 W ซึ่งจะมากกว่า ที่หม้อแปลง 2 ตัว จ่ายพลังงานไฟฟ้าประมาณ 45% ต่อตัว และค่าความสูญเสีย 5,647W %z at any load 99.22% เมื่อหม้อแปลงจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ 45% จำนวน 2 ตัว ค่าความสูญเสียโดยรวม 5,647 W x 2 = 11,294 W ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบแล้วหม้อแปลงที่จ่ายพลังงานที่ 90% จะมีค่าความสูญเสียโดยรวมมากกว่าที่จะใช้หม้อแปลงที่จ่ายพลังงานที่ 45% จำนวน 2 ตัว ที่ 16,947-11,294=5,653 W



ภาพประกอบ 27 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูญเสียและ %Z at any load ที่ 6.3% 13% 31.79% 45% และ 90% ของหม้อแปลงขนาด 1600 kVA

นำผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้ามาวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อการลดต้นทุน

ผลสรุปสำหรับความมุ่งหมายเพื่อศึกษาหลักการการทำงานของ หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ใช้ใน กรุงเทพฯ สามารถลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 2 ตัว ลงเหลือ 1 ตัว ได้ โดยมีกระบวนการลดและ สลับกันทำงานอย่างง่าย ๆ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานสูญเสียโดยรวม และลดการการบำรุงรักษา รวมถึงการยืดอายุของหม้อแปลงไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น

เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน ที่เหมาะสมกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุด จากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

ผลการวิเคราะห์การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย สามารถนำผลที่ได้มาเป็นเกณฑ์ในการลดต้นทุนที่เหมาะสม กับการใช้งานจริงของการ ออกแบบระบบไฟฟ้าของอาคารชุด โดยการลดขนาดของหม้อแปลงลงตั้งแต่ 1-4 Steps เช่น ที่ขนาด หม้อแปลง 1,600 kVA เป็น 1,250kVA (1,800 A.) หรือ 1,000 kVA (1,443 A.) หรือ 800kVA (1,154 A.) หรือ 630kVA (909 A.) โดยมีที่มาที่สามารถอ้างอิงถึงการใส่กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 146A จะมีขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลง ที่ระดับการใช้หม้อแปลง ดังนี้

Tr.1600kVA พิกัดกระแส 2,309A. ใช้งาน 146A. = 6.3% Main C.B = 2500AF

Tr.1250kVA พิกัดกระแส 1,800A. ใช้งาน 146A = $146 / 1,800 = 8.1\%$ โดย Main C.B = 2000AF

Tr.1000kVA พิกัดกระแส 1,443A. ใช้งาน 146A = $146 / 1,443 = 10\%$ โดย Main C.B = 1600AF

Tr. 800kVA พิกัดกระแส 1,154A. ใช้งาน 146A = $146 / 1,154 = 12.6\%$ โดย Main C.B = 1250AF

Tr. 630kVA พิกัดกระแส 909A. ใช้งาน 146A = $146 / 909 = 16\%$ โดย Main C.B = 1000AF

หลักการในการลดต้นทุนโดยการลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าและส่วนที่เกี่ยวข้อง ใช้การ วิเคราะห์ทางสถิติที่ได้จากตอนที่ 1 มีอัตราผู้พักอาศัยที่ 61% - 80% และมีปริมาณการใช้ กระแสไฟฟ้าจริงโดยเฉลี่ยที่ 146A ดังนั้นจำเป็นจะต้องคิดเสมือนมีการใช้ปริมาณกระแสที่ 100% ซึ่ง จะคิดจากอัตราการใช้ที่ 60% จึงจำเป็นที่จะต้องมีส่วนเพิ่ม เพื่อให้ได้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยรวมจริงที่ 100% ($60 \times 1.67 = 100.2$) ปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าที่ 100% หาได้จาก $146 \times 1.67 = 243.82A$ เท่ากับ 244A ซึ่งหากเกิดกรณีที่หม้อแปลงไฟฟ้าหรือเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวใดตัว หนึ่งเสีย หม้อแปลงไฟฟ้าอีกตัวก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ที่ 448A ($2 \times 244 = 488A$) ซึ่งก็ยังถือ

ว่าหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 630kVA ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 909A หรือคิดเป็น 54% [(488 × 100) / 909 = 54%] ซึ่งถือได้ว่ายังสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าได้เพิ่มเติมอีก 421A หรือ 46%

เพื่อเป็นแนวทางในการบริหารจัดการลดต้นทุน โดยการลดขนาดของหม้อแปลงลงแบบเป็นขั้นเป็นตอน 1-4 Steps เช่นจาก หม้อแปลง 1,600 kVA เป็น 1,250kVA (1,800A) หรือ 1,000 kVA (1,443A) หรือ 800kVA(1,154A) หรือ 630kVA(909A) โดยสามารถอ้างอิงถึงการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 146A จะมีขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลง ที่ระดับการใช้หม้อแปลงดังนี้

Tr.1600kVA พิกัดกระแส 2,309A. ใช้งาน 244A. = 6.3% Main C.B = 2500AF

Tr.1250kVA พิกัดกระแส 1,800A. ใช้งาน 244A = 244 / 1,800 = 13.5% โดย Main C.B = 2000AF

Tr.1000kVA พิกัดกระแส 1,443A. ใช้งาน 244A = 244 / 1,443 = 17% โดย Main C.B = 1600AF

Tr. 800kVA พิกัดกระแส 1,154A. ใช้งาน 244A = 244 / 1,154 = 21% โดย Main C.B = 1250AF

Tr. 630kVA พิกัดกระแส 909A. ใช้งาน 244A = 244 / 909 = 26.8% โดย Main C.B = 1000AF

จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติและหลักการทางวิศวกรรมไฟฟ้า จะเห็นได้ชัดเจนว่า การใช้หม้อแปลงในปัจจุบันมีขนาดใหญ่เกินไป โดยมีการเลือกขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้าใหญ่เกินไปมาก ถึง 4 Step โดยสามารถลดต้นทุนสำหรับการลดขนาดหม้อแปลงที่ 1600kVA ลงเหลือเพียง 630kVA หรือ ลดขนาดลง 60% ก็ยังสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าโดยรวมได้อย่างเพียงพอที่ 244A หรือ เพียง 26.8% ของพิกัดพลังงานโดยรวมหม้อแปลง 630kVA ที่สามารถจ่ายพลังงานโดยรวมได้ถึง 909A ทั้งนี้ยังไม่รวมความสามารถของหม้อแปลงแห่ง ที่สามารถจ่ายพลังงานโดยรวมเพิ่มเติมได้อีก 40% การเลือกใช้บริษัทที่ไฟฟ้าที่สูงเกินความจำเป็นต่อการใช้งาน จะมีผลสืบเนื่องเป็นลูกโซ่ให้ระบบไฟฟ้าต่างๆ เช่น C.B สายไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบการติดตั้ง พื้นที่การติดตั้ง การบำรุงรักษา ที่ต้องเพิ่มเติมสูงขึ้นอย่างมากเป็นลูกโซ่ การปรับปรุงสำหรับอาคารชุดที่พักอาศัยที่ได้ติดตั้งไปแล้ว ควรมีการติดตั้งระบบแสดงค่ากระแสไฟฟ้า ผ่านมิเตอร์ และมีการเก็บข้อมูล เพื่อนำมาวิเคราะห์ในแต่ละอุปกรณ์การใช้งาน แต่ละห้อง แต่ละชั้น แต่ละส่วนกลาง และภาพรวมของทั้งโครงการของอาคารชุดๆทั้งนี้สิ่งที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงคือเรื่องข้อกำหนดในการออกแบบและการเลือกใช้เพื่อติดตั้งระบบไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพ เกิดประสิทธิผลอย่างแท้จริง โดยจัดทำแนวทางการลดต้นทุนโดยรวมแบบครบกระบวนการเพื่อใช้สำหรับกำหนดหลักเกณฑ์ในการออกแบบระบบไฟฟ้าในอนาคต

แนวทางการประมาณการลดต้นทุนโดยการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าลง 4 Step จะมีผลกระทบของการลดต้นทุนเป็นลูกโซ่กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ไฟฟ้า แผงเมนสวิตช์ฉลากดิน แผงสวิตช์ย่อยต่างๆ สายไฟฟ้า อุปกรณ์ประกอบการติดตั้งต่างๆ capacitor bank และวงจรรองอื่นๆ อีกมากตามมา ปกติการที่จะลดต้นทุนได้ต้องมาจากการคำนวณออกแบบจากโหลดหรือวงจรรอง ย่อย ขึ้นมาวงจรรองใหญ่ขึ้นตามลำดับ หรือทางวิศวกรรมฯจะคิดจากล่างขึ้นบน และมีตัวคูณลด-ตัวคูณเพิ่ม (coincidence) ทั้งนี้การวิจัยในครั้งนี้ ขอให้แนวทางการประมาณการลดต้นทุนโดยการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าลง 4 Step ทางผู้วิจัยได้ราคาประมาณการงบประมาณของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง 24kV – 230/400V มีดังนี้

630 kVA = 1,000,000 บาท

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 1600kVA ลดเป็น 630kVA

= $(2,600,000 - 1,000,000) / 1,000,000$

= 61.54%

จากราคาประมาณการของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบแห้ง โดยปกติการใช้หม้อแปลงขนาด 1600kVA โดยเฉลี่ย ซึ่งหากมีการลดขนาดหม้อแปลงเป็นขนาด 630kVA ทางผู้ลงทุนหรือผู้พัฒนา อสังหาริมทรัพย์หรือทรัพยากรโลกก็จะถูกลดการใช้งานทองแดงหรือโลหะวัสดุประกอบต่างๆลงในส่วนของหม้อแปลงลงประมาณ 61.54% เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เป็นอีกส่วนที่มีการใช้งานเกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการเลือกใช้หม้อแปลงไฟฟ้า ทั้งนี้ในการออกแบบ ผู้ออกแบบจะมีการคำนวณรวบรวมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จำเป็นต้องใช้ไฟฟ้าจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เช่น ลิฟท์สำหรับนักดับเพลิง ป้อนน้ำ วงจรช่วยชีวิต เป็นต้น และในการเลือกใช้งานเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ก็มีการคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของขนาดหม้อแปลงไฟฟ้า 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

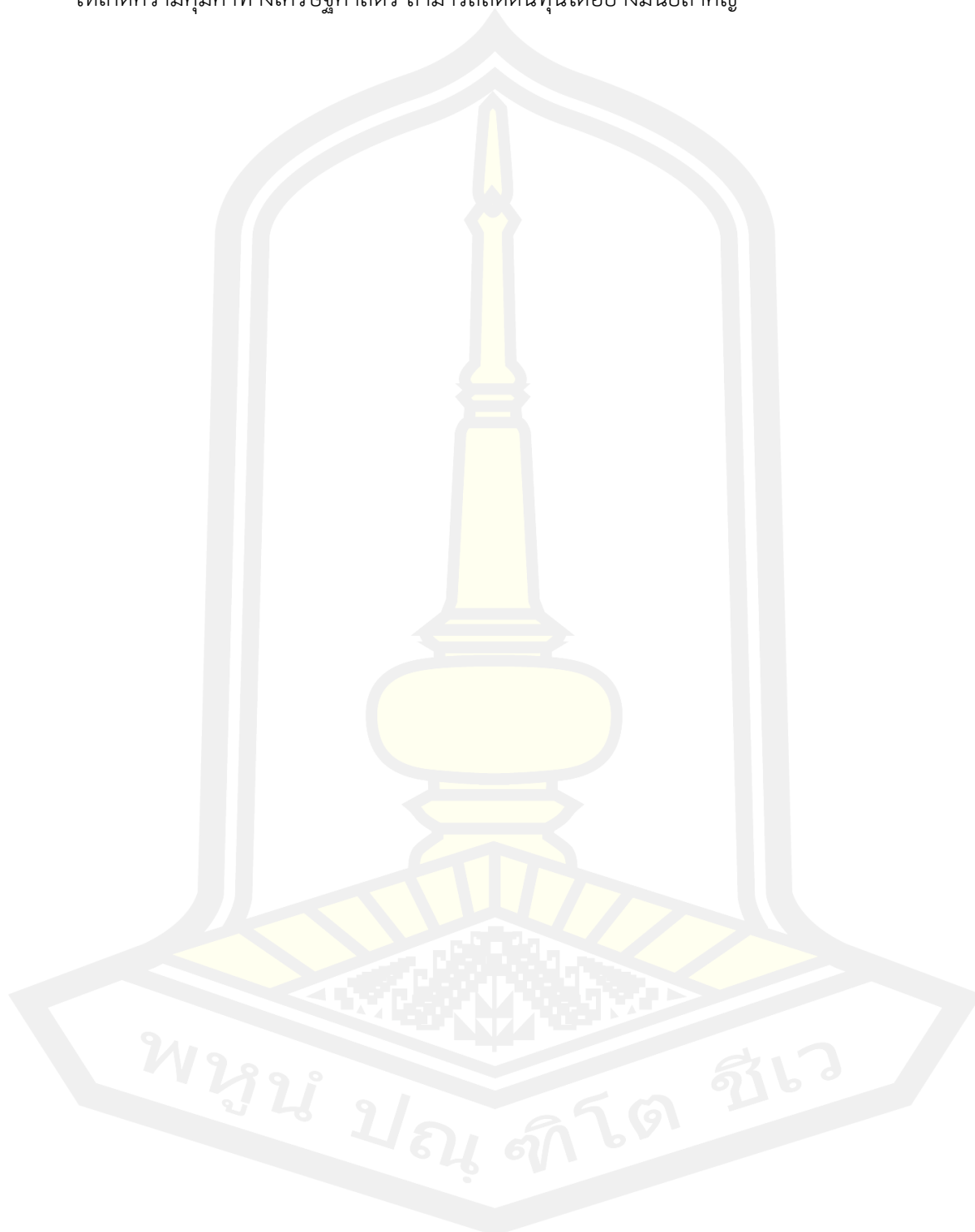
การลดขนาดของหม้อแปลงไฟฟ้า ที่มีผลกับการลดขนาดเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ จึงทำให้มีผลกับการลดต้นทุน จากปริมาณการใช้กระแสไฟฟ้าจริง ทำให้มีประมาณการลดขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าจาก 1,600kVA ลงเหลือ 630 kVA จะได้ผลการประมาณการตามตาราง

ตารางที่ 53 งบประมาณเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับขนาดของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ตามผลการประเมินฯ

หัวข้อ	รายการ	ก่อนปรับ		หลังปรับ		ผลต่าง (ลดลง) (บาท)
		ขนาด	ราคา (บาท)	ขนาด	ราคา (บาท)	
1	MV Switdgear 2 ชุด	200A 24KV.	1,500,000.00	200A 24kv.	1,500,000.00	0.00
2	หม้อแปลงแห้ง 2 ชุด	2x1,600 KVA	1,400,000.00	2x630 KVA	2,000,000.00	2,400,000.00
3	สายเมนแรงต่ำ 10 m.(XLPE)	2x[6x3x240/185N]]	460,000.00	2x[3x3x240/185N]]	160,000.00	300,000.00
4	ตู้เมน MDB	2,500A	2,500,000.00	1,000A	1,400,000.00	1,100,000.00
5	Busduct MDB-DB	2 x 2,000 A	5,500,000.00	2 x 1,000 A	2,800,000.00	2,700,000.00
6	Generator (20% ของ Tr.	350 KVA(320 KVA)	2,100,000.00	130KVA(1206 KVA)	1,000,000.00	1,100,000.00
7	สายไฟและงานติดตั้ง GEN	350 kva	500,000.00	130 kva	300,000.00	200,000.00
รวมราคา			16,960,000.00	ลด 54%	9,160,000.00	7,800,000.00

การลดขนาดลง 4 ขนาด จะมีผลกระทบกับภาพรวมของต้นทุนอย่างมาก ซึ่งการลงทุนที่ลดลงประมาณ 54% มีผลกับการลดต้นทุนจาก 16,960,000.00 ลงเหลือ 9,160,000.00 ที่ลดต้นทุนไปได้ถึง 7,800,00.00 บาท ซึ่งถือว่าเป็นการคำนวณเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น เพราะส่วนที่จะกระทบและต่อเนื่องจากการลดขนาดลงถึง 4 ระดับนั้น ถือว่าเป็นนัยสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการออกแบบระบบ

ไฟฟ้า ที่มีการคำนึงถึงเรื่องการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดที่ได้ใช้จริงโดยเฉลี่ย ที่ทำให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ สามารถลดต้นทุนได้อย่างมีนัยสำคัญ



บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดฯในกรุงเทพมหานคร ผู้วิจัยทำการสรุปและมีประเด็นสำคัญในการนำเสนอตามลำดับ ดังนี้

1. ความมุ่งหมายของการวิจัย
2. สรุปผล
3. อภิปรายผล
4. ข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อเก็บข้อมูล ประเมินผลตามหลักการทางสถิติและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย
2. เพื่อบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ จากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม
3. เพื่อศึกษาหาแนวทางการลดต้นทุน ที่เหมาะสมจากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์

สรุปผล

การวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดฯในกรุงเทพมหานคร สำหรับอาคารชุดฯสามารถสรุปผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. การส่งและเก็บแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย เป็นไปด้วยดี ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ โดยการประสานงานกับช่องทางของผู้ดูแลอาคารชุดและอาคารของสถานพยาบาลโดยตรง มีการอธิบายรายละเอียดของแบบฟอร์มฯ รวมถึงการออกแบบแบบฟอร์มฯ แบบง่ายๆ เพื่อให้สะดวกในการประชาสัมพันธ์ส่งต่อ สะดวกในการกรอกข้อมูล และการส่งข้อมูลกลับ
2. เพื่อประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด และเปรียบเทียบกับบริษัทไฟฟ้าที่เลือกใช้จริงในอาคารชุด ให้เห็นถึงความแตกต่างจากการประเมินฯ และการเลือกใช้บริการไฟฟ้า

จริง มีรายละเอียดในแต่ละส่วนของการสรุปการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดฯ ดังนี้

2.1 การสรุปผลสำหรับแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดฯ ซึ่งเป็นตัวแปรต้น ในการวิจัยฯ มีดังนี้

2.1.1 การเลือกทำเลที่ตั้งของอาคารชุดฯจากการวิเคราะห์ผลทางสถิติ เห็นได้ชัดว่าจะมีการพิจารณาเลือกทำเลที่ใกล้แนวรถไฟฟ้า BTS เป็นหลักโดยส่วนใหญ่

2.1.2 อาคารชุดที่พักอาศัย มีความสูงของอาคารที่ระดับ 51 – 100 เมตร

2.1.3 ขนาดห้องที่พักอาศัยโดยเฉลี่ยมีขนาดพื้นที่ 31 – 40 ตร.ม.

2.1.4 จำนวนผู้พักอาศัยในห้องพักโดยเฉลี่ย จะอยู่กัน 2 ท่าน

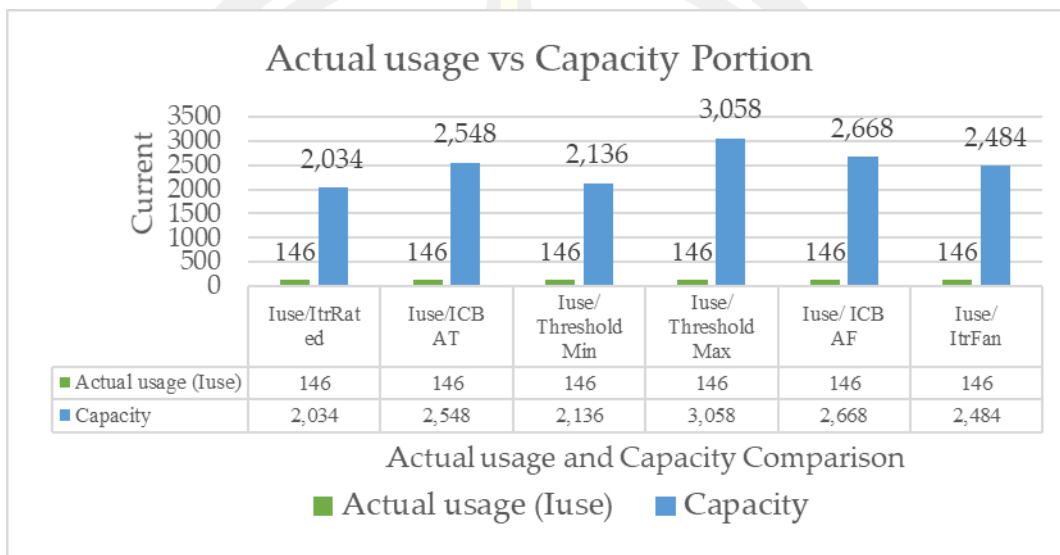
2.1.5 จำนวนห้องของผู้พักอาศัยโดยเฉลี่ยของทั้งอาคาร โดยเฉลี่ยที่ 61 – 80% ของจำนวนห้องพักทั้งหมดที่มีของอาคารชุดที่พักอาศัย

2.1.6 โหลดส่วนกลางหรือการใช้ไฟฟ้าของส่วนกลาง จะใช้หม้อแปลงร่วมเดียวกันกับหม้อแปลงที่จ่ายให้ส่วนของห้องพักอาศัย

2.2 การสรุปผลสำหรับแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 2 ข้อมูลทางเทคนิคเป็นตัวแปรตามในการวิจัยฯ ที่ผู้ดูแลอาคารช่วยดำเนินการบันทึกค่าต่างๆ ของอาคารชุดฯ ข้อมูลทางเทคนิคที่ได้มาของอาคารชุดฯเป็นรายละเอียดทางเทคนิคของการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่อยู่ในช่วงเวลาระหว่าง 20.00 – 23.00 น. เป็นช่วงเวลาที่ผู้พักอาศัยโดยรวมอยู่อาศัยและมีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าในการอยู่อาศัย ใช้พลังงานในรูปแบบระบบปรับอากาศในเกณฑ์สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li, W. , Koo, C. , Hong, T. , Oh, J. , Cha, S. H. , & Wang, S. (2020) เนื่องจากประเทศไทยมีภาวะอากาศร้อน ในฤดูร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Li, X. X. (2018) และยังอยู่ในสภาวะการณืโควิด มีการประกาศใช้พระราชกำหนดการบริหารราชการในสถานการณ์ฉุกเฉิน พ.ศ. 2548 หรือ พรก.ฉุกเฉิน เพื่อควบคุมสถานการณ์การระบาดของโรคไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ 2019 หรือ Covid-19 ซึ่งให้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 26 มีนาคม 2563 เป็นต้นไป เป็นช่วงที่มีประชาชนคนทำงานไม่ได้ไปทำงาน ซ้ำยังเป็นการทำงานที่บ้าน Work From Home: WFH เด็กๆก็ไม่ได้ไปเรียนหนังสือ เป็นการเรียนออนไลน์ จึงเป็นช่วงเวลาที่ผู้พักอาศัยจะอาศัยอยู่ในที่พักกันเป็นส่วนใหญ่ และยังมีการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมเป็นปริมาณสูง Rhodes, J. D. , Stephens, B. และ Webber, M. E. (2011) เมื่อได้ข้อมูลทางเทคนิคแล้ว จะมีการเพิ่มเติมข้อมูลทางเทคนิคโดยการคำนวณเพิ่มเติม การใช้อัตราส่วนร้อยละ การจัดลำดับ เพื่อนำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์ผล โดยการใช้โปรแกรมทางสถิติ ซึ่งสามารถสรุปผลได้ ดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมทางสถิติ อาคารชุดมีการใช้ขนาดหม้อแปลง โดยเฉลี่ย 1,432 kVA มีพิกัดกระแสของหม้อแปลงโดยเฉลี่ย 2,034 A. โดยผู้ผลิตหม้อแปลงจะมีการผลิตที่พิกัด 1,600kVA ซึ่งมีพิกัดกระแสของหม้อแปลงที่ 2,304A ทั้งนี้จากการวิเคราะห์

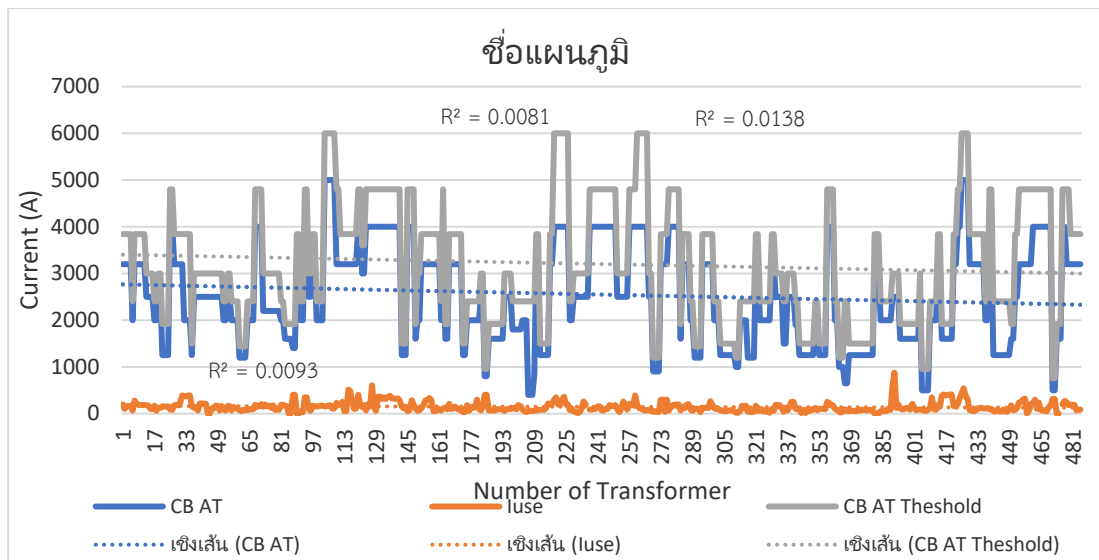
ปริมาณกระแสใช้จริงโดยเฉลี่ย 145.65A หรือ 146A หรือ เพียง 6.3 % ของ 2,034 A. ซึ่งหากมีการแบ่งระดับอัตราส่วนการใช้ไฟฟ้าจริงเทียบกับพิกัดกระแสของหม้อแปลง (Level %Iuse / I_{Rated}) โดยเฉลี่ย =1.17 หรืออยู่ในระดับการใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 0% - 10% ของพิกัดกระแสหม้อแปลงที่สามารถจ่ายได้เท่านั้น



ภาพประกอบ 28 กราฟ แสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ย (สีส้ม) กับพิกัดที่หม้อแปลงและ C.B (สีน้ำเงิน)

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับตอนที่ 2 ขนาดหม้อแปลงที่จ่ายพลังงานโดยรวมของอาคารชุดโดยเฉลี่ย 1,431kVA, I_{Rated} Mean = 2,429A ใช้กระแสจริงโดยเฉลี่ย 146A., การใช้กระแสจริงต่อพิกัดกระแสของหม้อแปลงที่ 10.9%, การใช้กระแสจริงต่อ Ampere Trip: AT ของ C.B ที่ 6.4%, AT ของ C.B ที่ 2,548AT, AF ของ C.B ที่ 2,667.9AF, Capacitor Bank ใช้งานเพียง 0.13 Step จาก Total Capacitor Bank 10.43 Step โดยเฉลี่ย

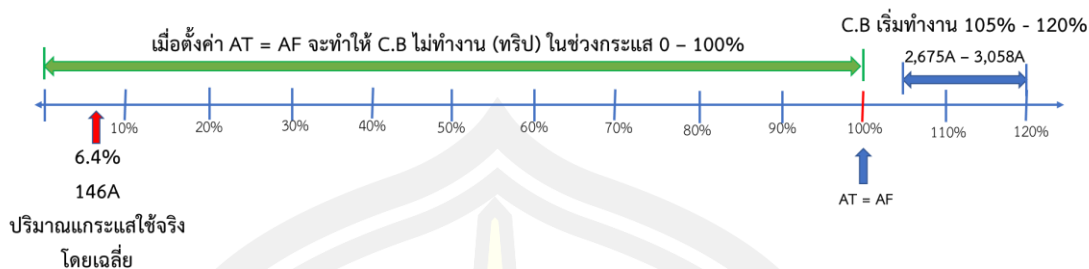
ทั้งนี้ปริมาณกระแสใช้จริงเฉลี่ยที่ 146A การตั้งค่าของ C.B AT เท่ากับ AF ที่เฉลี่ย 2,548A โดย C.B จะสามารถทำงานที่ 120% ของ AT (Threshold) เฉลี่ยที่ 3,057A ตามกราฟเส้นด้านล่างนี้



ภาพประกอบ 29 กราฟแสดงการเปรียบเทียบของปริมาณกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ยเชิงเส้น

2.2.2 $\%luse / I_{CB AT}$ โดย Mean = 6.4% คือ ปริมาณกระแสที่ใช้จริง เป็นอัตราส่วนร้อยละโดยเฉลี่ย 6.4% ที่ Ampere Trip: AT ของ Circuit Breaker โดย Ampere Trip: AT หมายถึง Thredhold ที่ C.B จะเริ่มทำงาน ปกติ C.B ตามมาตรฐาน IEC60947-2 C.B ส่วนใหญ่ที่ใช้เป็นเมนของอาคารชุดฯ จะเป็นประเภท Air Circuit Breaker: ACB เช่น ACB ของตราสินค้าไซเนเตอร์ที่มียอดขายสูงติดอันดับ 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 I_r (โดย time delay (S) ตั้งที่ปกติ ไม่มีการหน่วงเวลาใดๆ) ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสไฟที่ใช้ หากกระแสเกินมาก เวลาในการทำงานของ C.B ก็จะทำงานเร็วขึ้น ดังนั้นกระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ย เพียงแค่ 6.4% ของ AT (หรือหากพิจารณากระแสที่ใช้จริงโดยเฉลี่ย เทียบ AT ของ C.B คือ $146 / 2,548 = 5.7\%$) จึงพิสูจน์ได้ 100% ว่า C.B จะไม่สามารถทำงานได้ในหน้าที่การป้องกันกระแสเกิน โดยในส่วนของวิเคราะห์ส่วนนี้ จะเห็นได้ว่า C.B จะสามารถทำงานได้ ขึ้นกับการตั้งค่าของขนาด AT ผลการวิเคราะห์ AT โดยเฉลี่ยที่ 2,548 A. ซึ่ง C.B จะเริ่มทำงานคือ ต้องมีกระแสเกินขึ้นมาประมาณ 5 - 20% ก็คือ 2,675 - 3,058 A. ที่ C.B จะเริ่มทำงานในส่วนหน้าที่การป้องกันกระแสเกิน ดังนั้น C.B ในกรณีที่ใช้สำหรับอาคารชุดฯจะไม่สามารถทำงานได้

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 I_l



ภาพประกอบ 30 กราฟเชิงเส้นปริมาณกระแสใช้จริงโดยเฉลี่ย และช่วงกระแสที่ C.B จะสามารถทำงานได้

2.2.3 $\% \text{luse} / I_{CB AF}$ จะได้ $146 / 2,668 = 5.5\%$ ในส่วนนี้ AF คือ พิกัดโครงสร้างของ C.B ที่สามารถจ่ายกระแสสูงสุดได้ตามพิกัดโครงสร้าง ดังนั้น AF ของ C.B มีขนาดใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริง

สำหรับข้อ 2.2.2 และ 2.2.3 การเลือกใช้บริษัทไฟฟ้าเช่น หม้อแปลงไฟฟ้า เซอร์กิตเบรกเกอร์ สายไฟฟ้า และบริษัทไฟฟ้าประกอบอื่นๆ สำหรับอาคารชุดที่พักอาศัยที่อยู่ในบพที่ 9 ของมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้าสำหรับประเทศไทย จะมีขนาดใหญ่กว่าการใช้งานจริงอย่างมาก ซึ่งมีผลกระทบที่สำคัญๆ ดังนี้

2.2.3.1 เรื่องความปลอดภัย เพราะเซอร์กิตเบรกเกอร์ไม่สามารถทำงานหรือทำหน้าที่ได้ ในกรณีที่มีการใช้กระแสไฟฟ้าเกิน เนื่องจากการเลือกขนาดของบริษัทไฟฟ้าที่ขนาดใหญ่เกินไปอย่างมาก และไม่มีการตั้งค่า Ampere Trip: AT ของเซอร์กิตเบรกเกอร์ที่เหมาะสมกับการใช้งานจริง

2.2.3.2 การสูญเสียพลังงานอย่างมหาศาลที่เกิดขึ้นจากการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่ และใช้หม้อแปลงขนาดใหญ่พร้อมๆ กันมากกว่า 1 ตัว แต่หม้อแปลงทั้งหมดจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพียงไม่ถึง 10% ของพิกัดความสามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลง

2.2.3.3 ไม่มีโอกาสได้ใช้งานหม้อแปลงอย่างเต็มพิกัด

2.2.3.4 การลงทุนขั้นต้น ในการเลือกใช้บริษัทไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่เกินอย่างมาก

2.2.3.5 ทำให้เสียพื้นที่ในการติดตั้ง เนื่องจากบริษัทไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ เสียพื้นที่เยอะ

2.2.3.6 ทำให้เกิดปัญหาในการที่จะต้องตั้งค่าการใช้งานที่ห่างเกินกว่าการใช้งานจริง

2.2.3.7 ทำให้เกิดการเสียต้นทุนสำหรับการบริหารจัดการระบบไฟฟ้าที่มี
ค่าใช้จ่ายสูงตามขนาดของปริมาณไฟฟ้า

2.2.3.8 ทำให้สูญเสียต้นทุนที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าที่สูงเกิน
การเลือก C.B ใช้งานหรือติดตั้งในระบบไฟฟ้า จะมีการพิจารณาการเลือกใช้ดังนี้

- 1) Icu, Ics, Icw ที่ได้จากการคำนวณ ว่า C.B ที่เลือกใช้ต้องมีขีด
ความสามารถในการทนต่อ
- 2) การเกิดกระแสลัดวงจร ได้เท่าไร
- 3) Ampere Flame: AF เป็นพิกัดกระแสโครงสร้างของ C.B ว่า C.B ที่
เลือกใช้ใช้งาน สามารถ
- 4) ใช้กระแสสูงสุดได้เท่าไร ในโครงสร้างของ C.B
- 5) Ampere Trip: AT เป็นพิกัดกระแส ที่จะทำงานเมื่อมีกระแสเกินกว่า
กระแสใช้งานจริงที่ปรับตั้งไว้โดยปกติ สามารถอธิบายตามประเภทของ C.B ที่ AT = AF โดย Long
time = 1 ซึ่งได้ Tripping between การทำงานของ C.B คร่าวๆ ดังนี้

5.1) ACB Tripping between 5-20% เช่น C.B 1000AT C.B จะ
ทำงานที่ 1050 - 1200A.

5.2) MCCB Tripping between 5-20% เช่น C.B 100A C.B จะ
ทำงานที่ 105 - 120A.

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

2.2.4 การเปรียบเทียบ Capacitor Bank ที่ใช้งานโดยเฉลี่ย = 0.13 Step เทียบ
กับ Capacitor Bank ทั้งหมดที่ติดตั้งใช้งานโดยเฉลี่ย = 10.45 Step ดังนั้นการเลือกใช้หรือติดตั้ง
Capacitor Bank ในระบบไฟฟ้าของอาคารชุดฯ มีปริมาณการเลือกใช้สูงเกินกว่าการใช้งานจริงอย่าง
มากๆ โดยหน้าที่ของ Capacitor เพื่อชดเชยหรือปรับปรุงตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้า
สอดคล้องกับงานวิจัยของ M. A. Choudhry and W. Zada (2005) เพื่อชดเชยอุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีการ
ใช้ขดลวด เช่น เครื่องปรับอากาศที่ใช้คอมเพรสเซอร์ ปั๊มน้ำ เป็นต้น

2.3 การสรุปผลสำหรับแบบฟอร์มฯ ในตอนที่ 3. การขอความคิดเห็นผู้ดูแลอาคาร
ชุดเพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากรายงของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวม
ของอาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร มีข้อสรุปดังนี้

2.3.1 การทวนสอบความเข้าใจ ความเหมาะสมของการวัดค่า การจดบันทึกค่า
ในตอนที่ 2 โดยผู้ดูแลอาคารชุด และการให้ความคิดเห็นระดับความเหมาะสมเมื่อเทียบกับการ
เลือกใช้การติดตั้งของอาคารชุดฯ จะเห็นได้ชัดว่าผู้ดูแลอาคารชุดให้ระดับความเหมาะสมในข้อ 1 หรือ

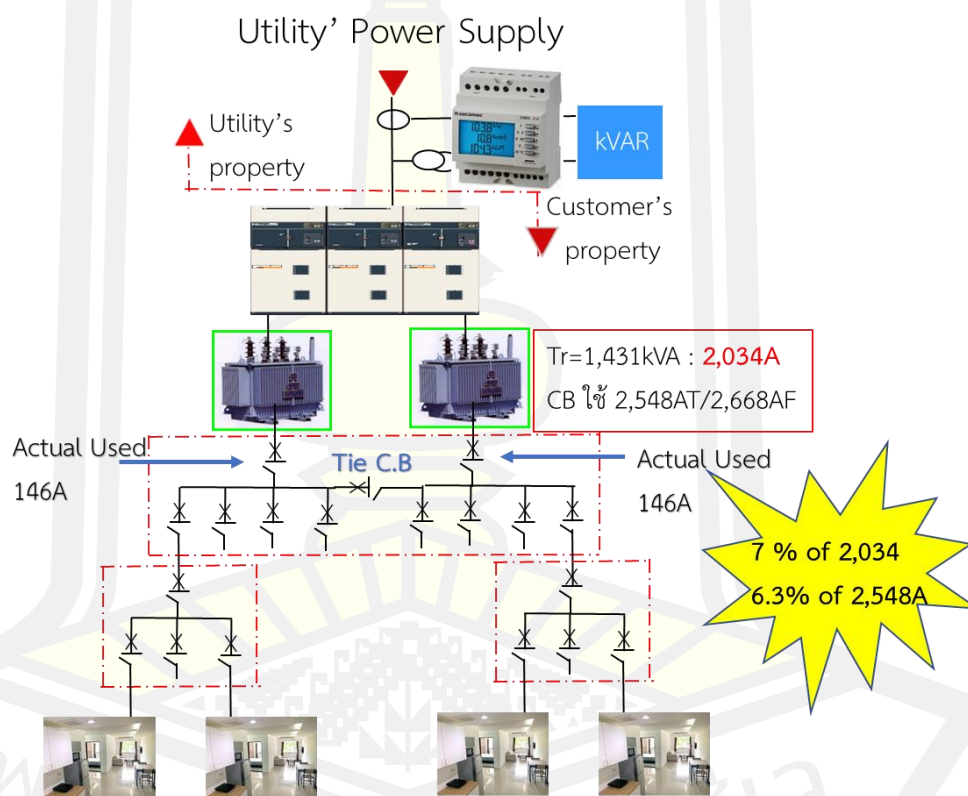
10 มีค่าเฉลี่ย = 1 หมายถึงมีความเหมาะสม จึงสามารถสรุปได้ว่าผู้ดูแลอาคารชุดมีความเข้าใจว่าการเลือกใช้ที่ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าในอาคารชุดเหมาะสม แต่ที่จริงแล้ว ไม่เหมาะสม เนื่องจากมีการเลือกใช้ที่สูงเกินการใช้งานอย่างมาก และยังไม่มีการปรับตั้งค่าการใช้งานให้เหมาะสมกันทั้งระบบ ไฟฟ้าด้วย ทั้งนี้การจะปรับตั้งค่าต่างๆ ของบริภัณฑ์ไฟฟ้านั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการบันทึก การวิเคราะห์อย่างละเอียด โดยผู้ที่มีความรู้ความสามารถเฉพาะทางอย่างแท้จริง ดังนั้นจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการปรับตั้งค่าต่างๆ เช่น AT ของ C.B ให้สามารถทำงานได้ตามหน้าที่ต่างๆ และการให้ข้อมูลความรู้กับผู้ดูแลอาคารชุดอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการเพิ่มเติมทักษะและการปรับตั้งค่าอย่างต่อเนื่องให้เกิดความเหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยไม่กระทบกับผู้พักอาศัยในอาคารชุด

ทั้งนี้ได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ โดยการใช้หลักการทางสถิติ ตรวจสอบเครื่องมือในการวิจัย เพื่อให้มั่นใจว่าจำนวนกลุ่มตัวอย่างประชากรมีจำนวนที่มากพอสำหรับการวิจัย (Taro Yamane, 1973) การใช้หลักการทางสถิติ T-Test, p value, Degree of Freedom, การใช้ 95% Confidence Interval of the Difference, การหาค่าความเชื่อมั่นของเครื่องมือ (Reliability Test), การใช้ผลการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมที่ได้จากกลุ่มตัวอย่างสำหรับสถานพยาบาล ซึ่งถือได้ว่าเป็นการใช้งานแบบวิฤติ สอดคล้องกับงานวิจัยของ P. A. Scarpino and F. Grasso, (2017) เพื่อเปรียบเทียบสัดส่วนจากกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ มีค่าเกือบ 100% ซึ่งมากกว่า 80% จึงถือว่า ผลเป็นที่ยอมรับได้อย่างมาก และการใช้ข้อคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 7 ท่าน สำหรับการประเมินความเหมาะสมของแบบสอบถามและผลของแบบสอบถาม ซึ่งผู้เชี่ยวชาญได้ให้ความคิดเห็นประกอบที่สอดคล้องกับการตั้งสมมุติฐาน ที่สามารถสรุปได้อย่างชัดเจนว่า กลุ่มตัวอย่างประชากรที่มีความเชื่อถือได้ตามหลักการทางสถิติ และเครื่องมือต่างๆ ดังที่กล่าวของงานวิจัยนี้ สามารถชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนว่าผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร และผลการประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของสถานพยาบาล ต่างก็มีปริมาณการใช้พลังงานโดยรวมจริง น้อยกว่าการออกแบบและการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าต่างๆ ในระบบไฟฟ้าที่มีใช้งานจริงตามมาตรฐานฯ

3. เพื่อหาแนวทางบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุดให้มีประสิทธิภาพ

การประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดฯ ในส่วนของระบบไฟฟ้า เพื่อหาแนวทางบริหารจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุดให้มีประสิทธิภาพ โดยการหากลยุทธ์การใช้พลังงาน สอดคล้องกับงานวิจัย Marotta, I. , Guarino, F. , Cellura, M. , & Longo, S. (2021) มีส่วนที่จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพิจารณาถึงพลังงานสูญเสียที่เกิดขึ้นจากหม้อแปลงไฟฟ้า สำหรับพลังงานที่สูญเสียจากแกนเหล็ก การสูญเสียจากการกลายสภาพเป็นพลังงานความร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Calise, F. , Capiello, F. L. , D'Agostino, D. , & Vicidomini, M. (2021) เนื่องจากอาคารชุดฯ หรือ อาคารส่วนใหญ่จำเป็นต้องออกแบบและเลือกใช้หม้อแปลงมากกว่า 1 ตัว การใช้

ไฟฟ้าในอาคาร หรือ สถานที่ที่ต้องการความเชื่อถือได้ทางไฟฟ้า จำเป็นต้องออกแบบ ให้มีจำนวนหม้อแปลงอย่างน้อย 2 ตัว เพื่อการเผื่อการใช้งานทดแทนกัน ในเวลาที่หม้อแปลง หรือ เมนเซอร์กิตเบรกเกอร์เมนของระบบไฟฟ้าจากส่วนหม้อแปลงตัวใดตัวหนึ่งเสีย (Redundancy) Antonio Cleber de Sousa Araujo, Leobino N. Sampaio, Artur Ziviani (2015) หม้อแปลงและเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์อีกตัวจะมีการต่อวงจรแบบ Tie หรือ เรียกว่า Tie Circuit Breaker จะต่อถึงในส่วนที่หม้อแปลงหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ตัวนั้นเสีย เพื่อช่วยจ่ายไฟให้สามารถใช้งานทดแทนกันได้ ดังนั้นการออกแบบจะให้มีหม้อแปลง 2 ตัว และแบ่งกันทำงาน ตัวละครึ่ง โดยหากตัวใดเสีย อีกตัวก็สามารถทำงานทดแทนได้ ดังนั้นในการออกแบบหม้อแปลงจะคำนวณให้หม้อแปลงสามารถทำงานได้ไม่เกิน 50% ของพิกัดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่หม้อแปลงสามารถจ่ายได้ โดยพิจารณาจากภาพ 1 ภาพวงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้า ที่มีความเชื่อถือได้ จะมีหม้อแปลง 2 ตัว ให้สามารถทำงานทดแทนกันได้ ดังภาพประกอบนี้



ภาพประกอบ 31 Single line Diagram หรือ วงจรเดี่ยวของระบบไฟฟ้าที่มีความเชื่อถือได้ จะมีหม้อแปลง 2 ตัว

สรุปได้ว่าการเก็บข้อมูลการเลือกใช้หม้อแปลงจำนวน 485 ตัว ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อาคารชุดที่พักอาศัย ในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทยแล้วนำมาทำการจัดการข้อมูล วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า โดยวิเคราะห์ทางสถิติ จะได้ค่าเฉลี่ยการใช้หม้อแปลงเป็นขนาด 1,431 kVA ซึ่งในทาง

ปฏิบัติผู้ผลิตมีการผลิตที่พิกัด 1600 kVA การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเฉลี่ยเพียง 6.3% (146A / 2,308A) ของพิกัดหม้อแปลง จากผลการวิเคราะห์ทางวิศวกรรมไฟฟ้า และการวิเคราะห์ด้านการจัดการ โดยสถิติ สามารถลดขนาดหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือเพียง 1 ตัวได้ และจะมีการลดการจ่ายพลังงานไฟฟ้าของหม้อแปลงลง ลดค่าความสูญเสียโดยรวม เท่ากับ 1,714 W ซึ่งหม้อแปลงไฟฟ้ามีการใช้งาน 24 ชม. การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่สูญเสียไป = 41,136 W/Day จึงเป็นพลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในปริมาณอย่างสูงมาก ทั้งยังเป็นการลดการบำรุงรักษาหม้อแปลงไฟฟ้า รวมถึงเป็นการยืดอายุหม้อแปลงไฟฟ้า โดยการลดจำนวนหม้อแปลงจาก 2 ตัว เหลือ 1 ตัวนั้น ไม่มีผลกับความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้าสำหรับอาคารชุด เนื่องจากการจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพียง 1 ตัว ยังถือว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่เพียง 13% เท่านั้น จึงมีความเพียงพออย่างยิ่งกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุด ไม่มีผลกระทบใดๆ ในเรื่องความมั่นคง ความเสถียรภาพ และความเชื่อถือได้ทางระบบไฟฟ้าของอาคารชุด

ข้อเสนอแนะแนวทางผลสรุปสำหรับความมุ่งหมายเพื่อศึกษาหลักการทำงานของ หม้อแปลงไฟฟ้า ที่ใช้ในกรุงเทพฯ สามารถลดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าจาก 2 ตัว ลงเหลือ 1 ตัว ได้ โดยมีกระบวนการลดและสลับกันทำงานอย่างง่าย ๆ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงานสูญเสียโดยรวม และลดการการบำรุงรักษา รวมถึงการยืดอายุของหม้อแปลงไฟฟ้า ให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น ซึ่งมีแนวคิดย่อยๆ ดังนี้

- 1) ยอมที่จะจ่ายไฟเข้าเฉพาะส่วนขดปฐมภูมิ เพื่อลดค่าใช้จ่ายการให้หม้อแปลงกลับมาทำงานใหม่ เพราะถ้าตัดไฟทั้งหมดของหม้อแปลง เป็นเวลายาวนานมาก ถ้าดับไฟทั้งส่วนขดปฐมภูมิและทุติยภูมิมากกว่า 6 เดือน – 1 ปี หรือเกินกว่า 1 ปี เมื่อนำหม้อแปลงมาใช้ใหม่ต้องมีค่าใช้จ่ายในการตรวจวัด และอาจเสียเวลาในการตรวจวัด
- 2) การดับหม้อแปลงทั้งส่วนขดปฐมภูมิและทุติยภูมิ หรือดับไฟที่จะจ่ายเข้าหม้อแปลง วิธีนี้ก็จะไม่ผลไม่ต้องสูญเสียพลังงานไฟฟ้าใดๆ โดยวิธีนี้ไม่ควรดับไฟนานเกิน 3 เดือน ทั้งนี้ควรต้องมีการทดสอบในทางปฏิบัติ เพื่อให้มั่นใจอย่างเต็มที่ หรือต้องทำการพิจารณาสภาพแวดล้อมต่างๆ ประกอบ

หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) เป็นอุปกรณ์หลักที่ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับของแรงดันไฟฟ้าให้สูงขึ้นหรือลดลงตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการที่ความถี่เท่าเดิมซึ่งอาศัยหลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กผ่านขดลวด และแกนเหล็ก โดยพลังงานไฟฟ้าจะถ่ายเทจากขดลวดด้านจ่ายไฟเข้า (ขดปฐมภูมิ) หม้อแปลงซึ่งประกอบด้วยขดลวด 2 ชุด คือ ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Winding) และขดลวดทุติยภูมิ (Secondary Winding) ซึ่งมีผลกับการกำเนิดความร้อนขึ้นที่หม้อแปลงไฟฟ้า และห้องไฟฟ้า ปกติห้องไฟฟ้าก็จะต้องมีระบบปรับอากาศเพื่อช่วยให้อุณหภูมิห้องของห้องไฟฟ้ามีอุณหภูมิไม่สูงหรือไม่ร้อน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Calise, F., Capiello, F. L., D'Agostino, D., &

Vicidomini, M. (2021) เพราะเกรงว่าจะมีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้าหรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ของ บริษัทไฟฟ้าได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีแนวทางในการลดพลังงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Xu, Q. , Lu, Y. , Hwang, B. G. , & Kua, H. W. (2021) 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

ตามข้อกำหนดของมาตรฐานติดตั้งทางไฟฟ้า สำหรับประเทศไทย หรือข้อกำหนดของการไฟฟ้าฯ หม้อแปลงที่ติดตั้งใช้งานภายในอาคาร ควรเป็นหม้อแปลงแห้ง เพื่อความปลอดภัย หม้อแปลงแห้งชนิด Cast Resin สามารถทำให้จ่ายโหลดได้เพิ่มประมาณ 30-40% ของพิกัดปกติของหม้อแปลงได้โดยการติดตั้งพัดลมช่วยในการระบายความร้อน เมื่อหม้อแปลงเริ่มจ่ายโหลดเกินพิกัดตัวรับสัญญาณความร้อนที่ฝังอยู่ใกล้จุดความร้อนสูงสุดจะส่งสัญญาณให้ชุดควบคุมรีเลย์ความร้อนทำงานและสั่ง ให้พัดลมทำงานเพื่อระบายความร้อนที่เพิ่มขึ้นออกไป ดังนั้นหม้อแปลงแห้งที่ใช้อาคารชุดฯจะไม่มีโอกาสที่จะทำงานในหน้าที่ส่วนการใช้พัดลม เพื่อการเพิ่มการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับระบบไฟฟ้า ซึ่งทำให้สูญเสียหน้าที่ และสูญเสียการลงทุนในส่วนของการเพิ่มเติมขนาดของหม้อแปลง การเพิ่มเติมขดลวด เพิ่มเติมระบบระบายอากาศ ค่าความสูญเสียโดยรวมที่เกิดขึ้นเมื่อไม่ได้ใช้งาน และยิ่งสูญเสียค่าบำรุงรักษาของหม้อแปลงและอุปกรณ์ประกอบ

4. เพื่อนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบเพื่อการลดต้นทุนและเป็นแนวทางในการออกแบบระบบไฟฟ้าให้เหมาะสมกับการใช้งาน

สรุปได้ชัดเจน สำหรับการออกแบบและเลือกใช้บริษัทไฟฟ้าในงานใหม่ สามารถใช้เป็นแนวทางในการบริหารจัดการลดต้นทุน โดยการลดขนาดของหม้อแปลงลงตั้งแต่ 1-4 Steps โดยสามารถอ้างอิงถึงการใช้กระแสไฟฟ้าโดยเฉลี่ยที่ 146A จะมีขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นกี่เปอร์เซ็นต์ของพิกัดหม้อแปลง ที่ระดับการใช้หม้อแปลงต่างๆ ดังนี้

Tr.1600kVA พิกัดกระแส 2,309A. ใช้งาน 146A. = $146 / 2,308 = 6.3\%$ Main C.B = 2500AF

Tr.1250kVA พิกัดกระแส 1,800A. ใช้งาน 146A = $146 / 1,800 = 8.1\%$ โดย Main C.B = 2000AF

Tr.1000kVA พิกัดกระแส 1,443A. ใช้งาน 146A = $146 / 1,443 = 10\%$ โดย Main C.B = 1600AF

Tr. 800kVA พิกัดกระแส 1,154A. ใช้งาน 146A = $146 / 1,154 = 12.6\%$ โดย Main C.B = 1250AF

Tr. 630kVA พิกัดกระแส 909A. ใช้งาน 146A = $146 / 909 = 16\%$ โดย Main C.B = 1000AF

การลดขนาดลง 4 ขนาด จะมีผลกระทบต่อภาพรวมของต้นทุนในการลงทุนลดลงประมาณ 54% ซึ่งหากมองในมุมทางเศรษฐศาสตร์ จะมีผลการการคำนวณผลตอบแทนที่คือรวดเร็วที่กำหนดถึง 50% หรือ มีการระยะเวลาในการคืนทุน เหลือเพียง 50% เท่านั้น ซึ่งถือเป็นความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์อย่างมาก ซึ่งการวิจัยฯ ได้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุดที่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงที่มีการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยสูงสุดของปริมาณผู้อยู่อาศัย 61% - 80% ของผู้อยู่อาศัย ซึ่งค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้ามีประมาณ 6.3% ของพิกัดหม้อแปลง ผู้วิจัยฯ จึงขอให้ค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าที่ต่ำสุดของปริมาณผู้อยู่อาศัยที่ 60% ของผู้อยู่อาศัยหรือการใช้ไฟฟ้า เพื่อความลดความเสี่ยงการเพิ่มขึ้นของผู้อยู่อาศัยในอนาคต เมื่อมีการปรับลดขนาดหม้อแปลงแล้ว จะไม่มีผลกระทบต่อระบบไฟฟ้า เมื่อมีการอยู่อาศัยมากขึ้นจาก 60% เป็น 100% ในอนาคต จากการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย 6.3% ดังนั้นต้องทำการลดรายการคำนวณโหลดตั้งแต่ในห้องชุด เช่น แสงสว่าง เครื่องปรับอากาศ ค่า Coincidence รวมถึงส่วนของวงจรย่อย สายป้อน สายประธานและแผงสวิตช์เมน เพื่อเป็นการทวนสอบรายการคำนวณ ให้สอดคล้องกับผลสรุปการจัดการข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารชุดซึ่งจะมีผลกับ อุปกรณ์ประกอบสำหรับหม้อแปลง สายไฟฟ้า บัสเวย์ เซอร์กิตเบรกเกอร์ ตู้ไฟฟ้าในทุกๆ ระดับของระบบไฟฟ้า คาปาซิเตอร์แบงค์ รวงเดินสาย ท่อเดินสาย ทางปลา ค่าแรง ค่าติดตั้ง ระยะเวลาในการสั่งซื้อของ สินค้าคงคลัง(อะไหล่) ต้นทุนการส่งของที่มีผลกับขนาดและน้ำหนัก ประกอบด้วย ที่เป็นลูกโซ่เกี่ยวเนื่อง เกี่ยวพันกับการออกแบบ การเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้า รวมถึงการใช้งาน และการบำรุงรักษาระบบไฟฟ้าของอาคารชุดทั้งหมดโดยรวม ผู้วิจัยฯ ขอเลือกแนวทางการปรับลดขนาดของหม้อแปลง เมื่อมีผู้อยู่อาศัยมากขึ้นถึง 100% โดยมีหลักการลดดังนี้

1. ปัจจุบันคำนวณการใช้ไฟฟ้าของผู้อยู่อาศัย 100% มีการใช้กระแสไฟฟ้าเพียง 6.3% ของหม้อแปลงไฟฟ้า โดยผู้วิจัยฯ ได้เก็บตัวอย่างอาคารชุดที่มีผู้อยู่อาศัย 61%-80% จึงมีการใช้ไฟฟ้าเพียง 6.3%

2. ผู้วิจัยฯ เลือกเกณฑ์ปริมาณผู้อยู่อาศัยที่ 60% ซึ่งสามารถเพิ่มเติมผู้อยู่อาศัยได้อีก 40% หรือ เพิ่มเติมได้อีกประมาณ 1.67 เท่า โดยคาดว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น $6.3\% \times 1.67$ เท่ากับ 10.52% ซึ่งเป็นปริมาณการใช้ไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้ายังสามารถทำการ Tie กันได้ โดยไม่ได้มีการปรับลดการคำนวณโหลดในส่วนอื่นๆ

อภิปรายผล

การวิจัย เรื่อง การประเมินการพลังงานโดยรวมของอาคารชุดฯในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทย สามารถอภิปรายผลการวิจัย ได้ดังนี้

1. การเก็บข้อมูล เพื่อประเมินผลตามหลักการทางสถิติและการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด เป็นได้ตัวอย่างดีมีคุณภาพ ตรงตามหนึ่งสมมุติฐานที่ได้ตั้งไว้ ในกรณีที่มีการใช้งานจริงน้อยกว่าที่มีการออกแบบและเลือกใช้บริการไฟฟ้า มีการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริงโดยเฉลี่ยเพียง 146A หรือ 6.3% ของพิกัดความสามารถที่หม้อแปลงไฟฟ้าจ่ายพลังงานโดยรวมได้ในภาวะปกติ โดยมีการใช้เซอร์กิตเบรกเกอร์สายไฟ และบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆที่เกี่ยวข้องนั้นใหญ่เกินกว่าความต้องการใช้งานจริงโดยเฉลี่ยอย่างมากๆ ทั้งนี้ทางผู้วิจัยได้มีการทวนสอบการเพิ่มกลุ่มตัวอย่างในการวิจัยในกลุ่มสถานพยาบาล เพื่อทวนสอบหลักการทางวิศวกรรมที่มีใช้หลักการคำนวณและออกแบบที่คล้ายๆ กัน ซึ่งในส่วนของสถานพยาบาลมีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่อยู่ในเกณฑ์ที่สูงมากๆ ยังมีการใช้พลังงานโดยรวมเพียง 17% เท่านั้น

ซึ่งทางผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือสำหรับการประเมินทั้งกลุ่มตัวอย่างอาคารชุดและกลุ่มตัวอย่างสถานพยาบาล เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำในส่วนของข้อมูลรวมทั้งผู้วิจัยได้เรียนเชิญผู้เชี่ยวชาญรวม 7 ท่าน ที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับวิศวกรไฟฟ้า มาตรฐานการออกแบบ การติดตั้ง การตรวจสอบ ที่มาจากหน่วยงานการไฟฟ้า กรมโยธาธิการและผังเมือง รวมถึงคณาจารย์ในภาคการศึกษา โดยทุกๆ ส่วนสรุปเป็นแนวทางเดียวกันอย่างชัดเจนว่าหลักการในการออกแบบระบบไฟฟ้ามีการเผื่อเหลือเผื่อขาด เกินกว่าที่ใช้จริงอย่างมาก โดยปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมจริงน้อยกว่าการออกแบบและการเลือกใช้บริการไฟฟ้าอย่างมาก การวิจัยครั้งนี้จะทำให้ผู้ดูแลอาคาร ที่กรุณาช่วยให้ข้อมูล ต้องตื่นตัวที่จะเริ่มเก็บข้อมูลการใช้พลังงานโดยรวม ว่ามีการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าในเกณฑ์เท่าใด เมื่อเทียบกับพิกัดการจ่ายพลังงานกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงแบบปกติที่สามารถจ่ายได้ เพื่อให้เกิดการทำงานที่สัมพันธ์กันและเกิดความปลอดภัยกับอาคารชุด สำหรับในอนาคตอันใกล้จะมีผลกับการกำหนดมาตรฐานในการออกแบบระบบไฟฟ้าที่จะมีการจัดทำขึ้น หรือมีการปรับปรุงเพิ่มเติมในลำดับต่อไป ต้องคำนึงถึงในส่วนการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร ประเทศไทยก็อย่างจริงจัง เพื่อให้เกิดความเหมาะสม ความปลอดภัย ความมั่นคง มีเสถียรภาพ และความเชื่อถือได้สำหรับการออกแบบและการเลือกใช้บริการไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด

2. การบริหารจัดการการใช้พลังงานโดยรวมอย่างมีประสิทธิภาพ จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ผู้วิจัยต้องการให้มีการปรับเปลี่ยนหลักเกณฑ์ในการจัดการพลังงานของอาคารชุดที่อยู่ให้เกิดประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด ในกรณีที่มีการใช้หม้อแปลงไฟฟ้า 2 ตัว

ที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าทดแทนกันได้ โดยปิดการใช้งานหม้อแปลงไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่ง และใช้งานหม้อแปลงเพียง 1 ตัว ซึ่งการจ่ายพลังงานไฟฟ้าเพียง 1 ตัว ก็สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้อาคารชุดได้อย่างเพียงพอ มีความมั่นคง เสถียรภาพและความเชื่อถือได้ของระบบไฟฟ้า ทั้งนี้การปิดการใช้หม้อแปลงไฟฟ้าเพียง 1 ตัวนั้น มีผลในเรื่องลดพลังงานสูญเสียทางไฟฟ้าลงถึง 50% ยังมีผลให้มีการยืดอายุการใช้งานในส่วนหม้อแปลงไฟฟ้าและบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบที่ไม่ได้ทำงาน ยังรวมถึงช่วยลดการบำรุงรักษาในส่วนของวัสดุที่เกี่ยวข้องเมื่อมีการใช้งานตลอดเวลา

3. การหาแนวทางการลดต้นทุน ที่เหมาะสมจากการนำผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ จากผลการประเมินและการวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ที่ได้กล่าวถึงในข้อที่ผ่านมา จะเห็นได้ชัดเจนว่ามีการออกแบบและเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใหญ่เกินกว่าการใช้งานจริงมากถึง 4 ขนาด หากมีการลดการออกแบบระบบไฟฟ้า และการเลือกใช้บริภัณฑ์ไฟฟ้าลงถึง 4 ขนาด จะมีผลกับบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องเป็นลูกโซ่เป็นเฉพาะบางส่วนที่กล่าวถึงเท่านั้น ยังมีผลทำให้มีการลดต้นทุนลงถึง 54% ทั้งนี้หากมองทางด้านเศรษฐศาสตร์ ในส่วนของผลตอบแทนการคืนทุน 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 ก็จะได้เห็นได้อย่างชัดเจนว่ามีการคืนทุนเร็วกว่า อย่างน้อย 50% ทำให้งบประมาณในการลงทุน เกิดผลตอบแทนสำหรับการคืนทุนที่เร็วขึ้นอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นการวิจัยในครั้งนี้มีผลให้เกิดความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ได้ลดต้นทุนในการลงทุนลงมากกว่า 50% อย่างชัดเจน และหากมีการคิดคำนึงถึงบริภัณฑ์ไฟฟ้าอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมด้วย รวมถึงค่าเสียโอกาสของการเสียพื้นที่ที่ติดตั้งบริภัณฑ์ไฟฟ้าที่ใหญ่เกินไป น่าจะมีผลกับการลดต้นทุนมากกว่านี้

ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้สำหรับผู้จัดทำมาตรฐาน และกฎเกณฑ์ข้อบังคับต่างๆ รวมถึงผู้เกี่ยวข้องทุกภาคส่วน ร่วมช่วยกันศึกษาและหาแนวทาง เพื่อจัดทำมาตรฐาน และกฎเกณฑ์ข้อบังคับ

ต่างๆ ให้ทันสมัยเหมาะสมกับพฤติกรรมการใช้งาน และเทคโนโลยีในอนาคต เช่น การติดตั้งดิจิทัลมิเตอร์และเชื่อมต่อระบบให้สามารถบันทึกและนำมาวิเคราะห์ให้ได้ประโยชน์สูงสุดในด้านพลังงานไฟฟ้าแต่ละจุดและโดยรวม

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ขอนำเสนอแนวทางการปรับลดรายการคำนวณในส่วนระบบทำความเย็นในห้องชุด จะมีการลดลงแบบสมเหตุสมผล โดยการออกแบบและการเลือกใช้บริษัทไฟฟ้า จะมีความสอดคล้องกันมากกว่านี้

3. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ขอนำเสนอแนวทางการปรับลดรายการคำนวณในส่วนของการลดขนาดคาปาซิเตอร์แรงดันที่ไว้สำหรับการช่วยชดเชยตัวประกอบกำลังไฟฟ้า เพื่อช่วยชดเชยในส่วนของบริษัทไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพต่ำ ให้เสียค่าไฟฟ้าลดลง และช่วยกำจัดฮาโมนิกส์หรือสิ่งที่จะรบกวนระบบไฟฟ้าได้ แบบสมเหตุสมผล โดยการออกแบบและการเลือกใช้บริษัทไฟฟ้า จะได้มีความสอดคล้องเหมาะสมกันมากกว่านี้

4. หากในอนาคตมีการติดตั้งโซลาร์และการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า การใช้โซลาร์บนหลังคานั้นมีส่วนช่วยในการลดค่ากระแสไฟฟ้า ที่จะประหยัดค่าใช้จ่ายสำหรับการใช้พลังงานในช่วงกลางวันได้อย่างดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Roberts, M. B., Sharma, A. และ MacGill, I. (2022) หรือการใช้แบตเตอรี่เพิ่มเก็บกักพลังงานไว้ใช้เวลากลางคืน (เมื่อราคาแบตเตอรี่หรือตัวกักเก็บพลังงานมีราคาคู่มนกว่านี้) ซึ่งจะต้องทำการศึกษา โดยการหาข้อมูลความต้องการและจำนวนที่จะติดตั้ง เพื่อให้ทราบรายละเอียดในเรื่องความปลอดภัย การใช้พลังงานไฟฟ้าโดยรวมที่เหมาะสมสัมพันธ์กับการใช้งานและความสามารถของระบบประกอบทั้งหมดโดยรวม หรือมีการตั้งมิเตอร์ใหม่ในกรณีที่จะมีการติดตั้งสถานีประจุไฟฟ้าสำหรับรถยนต์ไฟฟ้า ซึ่งจะช่วยแก้ไขปัญหาในการใช้พลังงานไฟฟ้า

5. ควรมีการพิจารณาการประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของสถานพยาบาลทั้งแบบปกติ และแบบที่มีการติดตั้งโซลาร์เพื่อการบริหารจัดการเรื่องการประหยัดพลังงาน โดยการเพิ่มประสิทธิภาพด้านต่างๆ ด้านพลังงาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Ascione, F. , Bianco, N. , De Stasio, C. , Mauro, G. M. , & Vanoli, G. P. (2016) เนื่องจากอาคารชุดจะมีการใช้พลังงานในช่วงกลางวันค่อนข้างน้อย หากมีการติดตั้งโซลาร์บนหลังคาในช่วงที่แบตเตอรี่หรือตัวกักเก็บพลังงานยังมีมูลค่าการลงทุนที่แพง ถือว่ายังไม่คุ้มค่าพอ ส่วนในสถานพยาบาลนั้นมีการใช้ไฟฟ้าในช่วงกลางวันค่อนข้างมาก จึงน่าจะเห็นผลตอบแทนหรือความคุ้มค่าของการคืนทุนที่รวดเร็วกว่า

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- กัลยา วรรณสวัสดิ์. (2557). ความสัมพันธ์ระหว่างต้นทุนคุณภาพกับผลการดำเนินงานขององค์กร. *วารสารการจัดการธุรกิจมหาวิทยาลัยบูรพา*. 5(1), 36–62.
- ฐิติกานต์ สุริยะสาร. (2560). ผลกระทบของการบริหารต้นทุนคุณภาพที่มีต่อการพัฒนาการบริการและความพึงพอใจของลูกค้าของธุรกิจโรงแรมในประเทศไทย. *วารสารวิทยาการจัดการสมัยใหม่*. 10(1), 138–151.
- ปพฤกษ์บารมี อุตสาหะวานิชกิจ. (2560). การบัญชีต้นทุนคุณภาพและผลการดำเนินงานทางการตลาด: หลักฐานเชิงประจักษ์ จากธุรกิจที่ได้รับ ISO9000 ในประเทศไทย. *วารสารวิทยาลัยพาณิชยศาสตร์บูรพาปริทัศน์ มหาวิทยาลัยบูรพา*. 12(1), 145–157.
- ปรียาวดี ผลเอนก. (2560). การศึกษาการรับรู้ต้นทุนคุณภาพที่มีอิทธิพลต่อขีดสมรรถนะของสหกรณ์โคนมวังน้ำเย็นในการเข้าสู่เขตเศรษฐกิจพิเศษสระแก้ว. *ศรีปทุมปริทัศน์ ฉบับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. 11(1), 33–42.
- วิทยา อินทร์สอน และชูชาติ พยอม. (2557). แนวทางการพัฒนาใช้ต้นทุนคุณภาพในงานอุตสาหกรรม. *Industrial Technology Review*. 19(258), 106–111.
- เสกสรร สุธรรมานนท์, ร. ส. แ. ส. ท. (2556). การประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานผลิตประเก็นสำเร็จรูป. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*. 18(3). 84-89, 527-535. และ *สังคมศาสตร์*. 11(1), 33–42.
- ประคอง กรรณสูต. (2535). สถิติเพื่อการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- วิทยา อินทร์สอน และชูชาติ พยอม. (2557). แนวทางการพัฒนาใช้ต้นทุนคุณภาพในงานอุตสาหกรรม. *Ind. Technol. Rev.* 19(258), 106–111.
- เสกสรร สุธรรมานนท์. (2556). การประยุกต์ใช้ต้นทุนคุณภาพสำหรับโรงงานผลิตประเก็นสำเร็จรูป. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 18(3), 84-89.
- อภิญากรณ์ อินทวงษ์ (2563). การประเมินปริมาณฝนสูงสุดที่อาจเป็นไปได้ของเขื่อนรัชชประภาและเขื่อนบางลาง. *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*. 30(3).
- Lari, A. and Asllani, A. (2013). Quality cost management support system: an effective tool for organisational performance improvement. *Total Qual. Manag. Bus. Excell.* 24, 432–451.

- Alencar, M. H., Priori Jr, L., and Alencar, L. H. (2017). Structuring objectives based on value-focused thinking methodology: Creating alternatives for sustainability in the built environment. *Journal of cleaner production*. 156, 62-73.
- Algieri, A., Beraldi, P., Pagnotta, G., and Spadafora, I. (2021). The optimal design, synthesis, and operation of polygeneration energy systems: Balancing life cycle environmental, and economic priorities. *Energy Conversion, and Management*. 243, 114354.
- Ascione, F., Bianco, N., De Stasio, C., Mauro, G. M., and 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. *Applied energy*. 174, 37-68.
- Assefa, G., Glaumann, M., Malmqvist, T., and Eriksson, O. (2010). Quality versus impact: Comparing the environmental efficiency of building properties using the EcoEffect tool. *Building, and Environment*. 45(5), 1095-1103.
- Barone, G., Buonomano, A., Forzano, C., and Palombo, A. (2020). A novel dynamic simulation model for the thermo-economic analysis, and optimisation of district heating systems. *Energy Conversion, and Management*. 220, 113052.
- 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, 2019.
- Beccali M, Cellura M, Lo Brano V and Marvuglia A (2004). Forecasting daily urban electric load profiles using artificial neural networks. *Journal on Energy Conversion and Management*. 45(18), 2879-900.
- Bertoldi, P., Boza-Kiss, B., Della Valle, N., and Economidou, M. (2021). The role of one-stop shops in energy renovation-A comparative analysis of OSSs cases in Europe. *Energy, and Buildings*. 250, 111273.
- Bollen M H J, Bahramirad S and Khodaei A, (2014). Is there a place for power quality in the smart grid?, *Proc. Int. Conf. Harmon.Qual. Power, ICHQP*. pp 713–717.
- Calise, F., Cappiello, F. L., D'Agostino, D., and Vicidomini, M. (2021). A novel approach for the calculation of the energy savings of heat metering for different kinds of buildings. *Energy and Buildings*. 252, 111408.

- Ceglia, F., Esposito, P., Marrasso, E., and Sasso, M. (2020). From smart energy community to smart energy municipalities: Literature review, agendas, and pathways. *Journal of Cleaner Production*. 254, 120118.
- Choudhry, M. A., & Zada, W. (2005). A simplistic technique for power factor compensation capacity calculation in medium size industry. In *2005 International Power Engineering Conference* (pp. 1-220). IEEE.
- Chung, W., Kam, M. S. and Ip, C. Y. (2011). A study of residential energy use in Hong Kong by decomposition analysis, 1990–2007. *Applied Energy*. 88(12), 5180-5187.
- Coelho, S., Russo, M., Oliveira, R., Monteiro, A., Lopes, M., and Borrego, C. (2018). Sustainable energy action plans at city level: A Portuguese experience, and perception. *Journal of Cleaner Production*. 176, 1223-1230.
- Costa, J. F. W., Amorim, C. N. D., and Silva, J. C. R. (2020). Retrofit guidelines towards the achievement of net zero energy buildings for office buildings in Brasilia. *Journal of Building Engineering*. 32, 101680.
- Cunha, F. B. F., Carani, C., Nucci, C. A., Castro, C., Silva, M. S., and Torres, E. A. (2021). Transitioning to a low carbon society through energy communities: Lessons learned from Brazil, and Italy. *Energy Research & Social Science*. 75, 101994.
- Czétány, L., Vámos, V., Horváth, M., Szalay, Z., Mota-Babiloni, A., Deme-Bélafi, Z., and Csoknyai, T. (2021). Development of electricity consumption profiles of residential buildings based on smart meter data clustering. *Energy and Buildings*. 252, 111376.
- de Sousa Araújo, A. C., Sampaio, L. N., and Ziviani, A. (2015, May). Balancing Energy, Redundancy, and Performance in Datacenter Networks. In *2015 XXXIII Brazilian Symposium on Computer Networks and Distributed Systems* (pp. 120-129). IEEE.
- Demetris Monoyios, Lenos Hadjidemetriou, Lazaros Zacharia and Elias Kyriakides. (2018). Cost-effective optimization for an energy efficient design of electrical installations of buildings. *IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)*, Limassol. University of Cyprus. Research and Innovation Center of Excellence.

- Rezaei E. and Dagdougui, H. (2020). Optimal Real-Time Energy Management in Apartment Building Integrating Microgrid with Multizone HVAC Control," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 16(11), 6848-6856, Nov. 2020, doi: 10.1109/TII.2020.2972803.)
- Faizal, M., Saidur, R., Mekhilef, S. and Alim, M. A. (2013). Energy, economic, and environmental analysis of metal oxides nanofluid for flat-plate solar collector. *Energy Conversion, and Management*. 76, 162-168.
- Farhoodnea M, Mohamed A, Shareef H and Zayandehroodi H, (2013). Power Quality Analysis of Grid Connected Photovoltaic Systems in Distribution Networks. *PrzeeglqdElektrotechniczny*. 2, 208–213.
- Farooq, M. A. (2016). Cost of quality: Evaluating cost-quality trade-offs for inspection strategies of manufacturing processes. *Int. J. Prod. Econ.*,188.
- Ferrari, S., Bruni, E., and Bramonti, L. (2020). Effective implementation of ISO 50001: A case study on energy management for heating load reduction for a social building stock in Northern Italy. *Energy, and Buildings*. 219, 110029.
- Geekiyange, D., and Ramachandra, T. (2018). A model for estimating cooling energy demand at early design stage of condominiums. *Journal of Building Engineering*. 17, 43-51.
- Halme, M., Jasch, C., and Scharp, M. (2004). Sustainable homeservices? Toward household services that enhance ecological, social, and economic sustainability. *Ecological economics*. 51(1-2), 125-138.
- Hasanuzzaman, M., Rahim, N. A., Saidur, R., and Kazi, S. N. (2011). Energy savings, and emissions reductions for rewinding, and replacement of industrial motor. *Energy*. 36(1), 233-240.
- Holechek, J. L., Sawalhah, M. N., and Cibils, A. F. (2015). Renewable energy, energy conservation, and US rangelands. *Rangelands*. 37(6), 217-225.
- Howard, B., Parshall, L., Thompson, J., Hammer, S., Dickinson, J., and Modi, V. (2012). Spatial distribution of urban building energy consumption by end use. *Energy, and Buildings*. 45, 141-151.

- Isa, N. M., Das, H. S., Tan, C. W., Yatim, A. H. M., and Lau, K. Y. (2016). A techno-economic assessment of a combined heat, and power photovoltaic/fuel cell/battery energy system in Malaysia hospital. *Energy*. 112, 75-90.
- 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.
- Jerry J. Vaske, Jay Beaman & Carly C. Sponarski, 2017. Rethinking Internal Consistency in Cronbach's Alpha. *Leisure Sciences*. 39(2), 163-173.
- 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. *Measurement*. 45(7), 1824-1835.
- Kc, R., Rijal, H. B., SHukuya, M., and Yoshida, K. (2018). An in-situ study on occupants' behaviors for adaptive thermal comfort in a Japanese HEMS condominium. *Journal of Building Engineering*. 19, 402-411.
- Kuroha, R., Fujimoto, Y., Hirohashi, W., Amano, Y., Tanabe, S. I., and Hayashi, Y. (2018). Operation planning method for home air-conditioners considering characteristics of installation environment. *Energy, and Buildings*. 177, 351-362.
- Li, W., Koo, C., Hong, T., Oh, J., Cha, S. H., and Wang, S. (2020). A novel operation approach for the energy efficiency improvement of the HVAC system in office spaces through real-time big data analytics. *Renewable, and Sustainable Energy Reviews*. 127, 109885. Elsevier
- Li, X. X. (2018). Linking residential electricity consumption, and outdoor climate in a tropical city. *Energy*. 157, 734-743.
- Li, X., Zhou, Y., Yu, S., Jia, G., Li, H., and Li, W. (2019). Urban heat island impacts on building energy consumption: A review of approaches, and findings. *Energy*. 174, 407-419.
- Luo, X. J., and Oyedele, L. O. (2021). Assessment, and optimisation of life cycle environment, economy, and energy for building retrofitting. *Energy for Sustainable Development*. 65, 77-100.

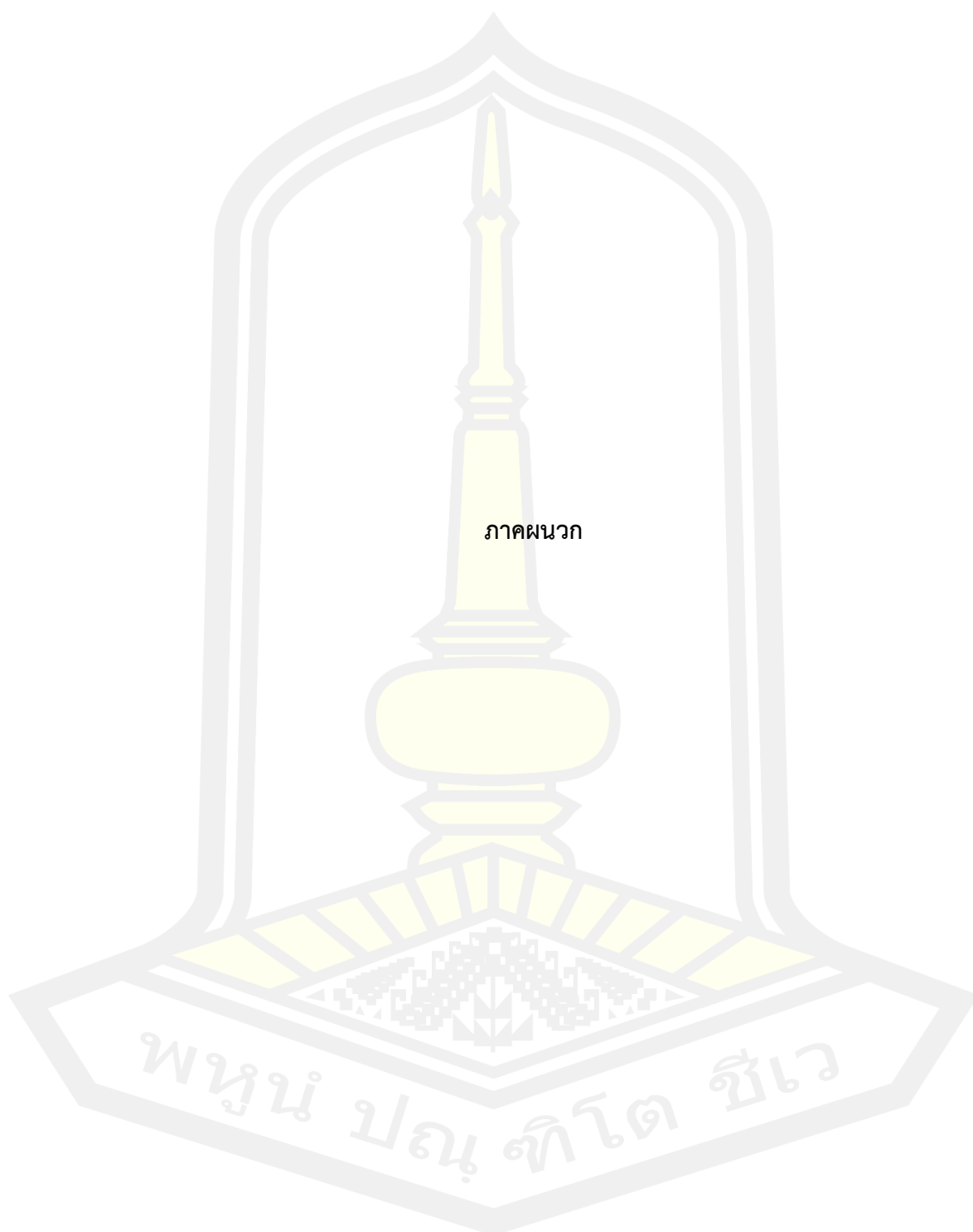
- M. and Holotaa. (2016). The management of quality cost analysis model. *Manag. Qual. Cost Anal. Model Serbian J. Manag.* 11(1), 119–127.
- Marotta, I., Guarino, F., Cellura, M. and Longo, S. (2021). Investigation of design strategies, and quantification of energy flexibility in buildings: A case-study in southern Italy. *Journal of Building Engineering.* 41, 102392.
- Marrasso, E., Roselli, C., Sasso, M. and Tariello, F. (2018). Global, and local environmental, and energy advantages of a geothermal heat pump interacting with a low temperature thermal micro grid. *Energy Conversion, and Management.* 172, 540-553.
- Mathew, P., Regnier, C., Shackelford, J., and Walter, T. (2020). Energy Efficiency Package for Tenant Fit-Out: Laboratory Testing, and Validation of Energy Savings, and Indoor Environmental Quality. *Energies.* 13(20), 5311.
- Minuto, F. D., Lazzeroni, P., Borchiellini, R., Olivero, S., Bottaccioli, L. and Lanzini, A. (2021). Modeling technology retrofit scenarios for the conversion of condominium into an energy community: An Italian case study. *Journal of Cleaner Production.* 282, 124536.
- Monedero, I., Leon, C., Roperio, J., Garcia, A., Elena, J. M. and Montano, J. C. (2007). Classification of electrical disturbances in real time using neural networks. *IEEE Transactions on Power Delivery,* 22(3), 1288-1296.
- Moreno-Díaz, L., Romero-Ramos, E., Gómez-Expósito, A., Cordero-Herrera, E., Rivero, J. R., & Cifuentes, J. S. (2018, September). Accuracy of electrical feeder models for distribution systems analysis. In *2018 International Conference on Smart Energy Systems and Technologies (SEST)* (pp. 1-6). IEEE.
- Muscas C, (2010). Power quality monitoring in modern electric distribution systems IEEE Instrum. *Meas Mag.* 13(5), 19–27.
- Nadtoka, I. I. and Pavlov, A. V. (2014). Calculations of the electrical loads of the residential part of apartment buildings with electric stoves, based on the average loads of apartments. *News of universities. Electromechanics,* (3), 36-39.

- 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.
- Nadtoka, I. I., Pavlov, A. V. and Novikov, S. I. (2013). Problemy rascheta'elektricheskikh nagruzok kommunal'no-bytovykh potrebitelej mikrorajonov megapolisov [Problems of calculation of electrical loads of household consumers of residential districts of megalopolises]. *Izv. vuzov. Elektromehnika*. (1), 136-139.
- Nastasi, B. and Basso, G. L. (2017). Power-to-gas integration in the transition towards future urban energy systems. *international journal of hydrogen energy*. 42(38), 23933-23951.
- Nie, H. and Kemp, R. (2014). Index decomposition analysis of residential energy consumption in China: 2002–2010. *Applied Energy*. 121, 10-19.
- Pardo-Bosch, F., Cervera, C. and Ysa, T. (2019). Key aspects of building retrofitting: Strategizing sustainable cities. *Journal of environmental management*. 248, 109247.
- R. Amir (2016). Cost Management, Entrepreneurship and Competitiveness of Strategic Priorities for Small and Medium Enterprises. *Procedia - Soc. Behav. Sci*. 219, 84– 89.
- Reis, I. F., Gonçalves, I., Lopes, M. A. and Antunes, C. H. (2021). Business models for energy communities: A review of key issues, and trends. *Renewable, and Sustainable Energy Reviews*. 144, 111013.
- 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.
- 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.

- 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, 2019.
- Saidur, R., Hasanuzzaman, M., Yogeswaran, S., Mohammed, H. A. and Hossain, M. S. (2010). An end-use energy analysis in a Malaysian public hospital. *Energy*. 35(12), 4780-4785.
- Saidur, R., Mekhilef, S., Ali, M. B., Safari, A. and Mohammed, H. A. (2012). Applications of variable speed drive (VSD) in electrical motors energy savings. *Renewable, and sustainable energy reviews*. 16(1), 543-550.
- Salite, D., Kirshner, J., Cotton, M., Howe, L., Cuamba, B., Feijó, J. and Macome, A. Z. (2021). Electricity access in Mozambique: A critical policy analysis of investment, service reliability, and social sustainability. *Energy Research & Social Science*. 78, 102123.
- Scarpino, P. A. and Grasso, F. (2017, September). Analysis of complex hospital electrical systems. In *2017 AEIT International Annual Conference* (pp. 1-4). IEEE.
- Stopps, H. and Touchie, M. F. (2021). Residential smart thermostat use: An exploration of thermostat programming, environmental attitudes, and the influence of smart controls on energy savings. *Energy and Buildings*. 238, 110834.
- Tatietse T T, Villeneuve P, Ngundam J. and Kenfack F, (2002). Contribution to the analysis of urban residential electrical energy demand in developing countries *Energy*. 27(6), 591-606.
- Teo, C.Y. (1997, October). Computer-aided design and simulation of low-voltage electrical distribution systems. *Computers in Industry*. 34(1), 87-94.
- Tesfamichael, M., Mulugetta, Y., Beyene, A. D. and Sebsibie, S. (2021). Counting the cost: Coping with tariff increases amidst power supply shortfalls in urban households in Ethiopia. *Energy Research & Social Science*. 71, 101860.
- Touchie, M. F., Binkley, C. and Pressnail, K. D. (2013). Correlating energy consumption with multi-unit residential building characteristics in the city of Toronto. *Energy, and Buildings*. 66, 648-656.

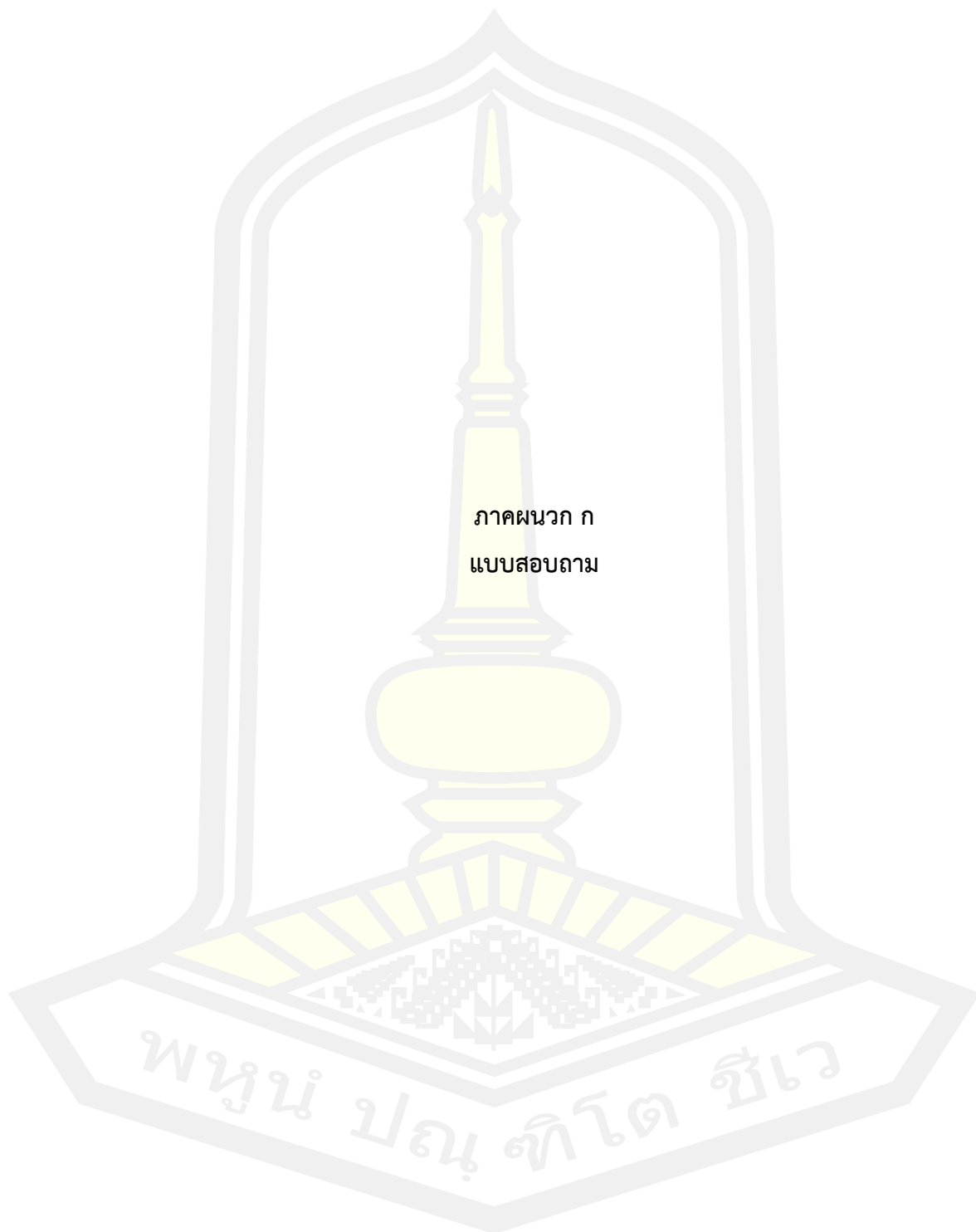
- Tran, L. N., Gao, W. and Ge, J. (2021). Sensitivity analysis of household factors, and energy consumption in residential houses: A multi-dimensional hybrid approach using energy monitoring, and modeling. *Energy and Buildings*. 239, 110864.
- Vigna, I., Lollini, R. and Pernetti, R. (2021). Assessing the energy flexibility of building clusters under different forcing factors. *Journal of Building Engineering*, 102888.
- Xu, Q., Lu, Y., Hwang, B. G. and Kua, H. W. (2021). Reducing residential energy consumption through a marketized behavioral intervention: The approach of Household Energy Saving Option (HESO). *Energy, and Buildings*. 232, 110621.
- Yong-Jung Kim, Woo-Yong Jeong and Hyosung Kim, (2019). *Extinguishment distance estimation method of DC breaking arc occurring under Low Voltage DC conditions, PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC) 2019 IEEE*, pp. 1-5, 2019.
- Yoshie, R., Satake, A., Mochida, A., Kato, S. and Yoshino, H. (2006). Energy conservation effect of new HVAC system for condominiums with solar collectors integrated with the balcony handrail. *Energy, and buildings*. 38(11), 1360-1367.
- Yu I Soluyanov. (2019) *Calculation of electrical loads of residential and public buildings based on actual data. IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.* 643 012051





ภาคผนวก

พหุมนุ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาคผนวก ก
แบบสอบถาม

พหุมนุ ปณฺ ทิโต ชีเว



ที่ อว 0605.10/๒๑

คณะกรรมการบัญชีและการจัดการ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย
จังหวัดมหาสารคาม
44150

๑๒ กุมภาพันธ์ 2564

เรื่อง ขอบความอนุเคราะห์กรอกแบบสอบถาม

เรียน หัวหน้างาน/เจ้าหน้าที่ผู้ดูแลอาคาร/ผู้ที่เกี่ยวข้อง

ด้วย นายเดชทัต บุรณะอัสวกุล รหัสนิสิต 62010990004 นิสิตระดับปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด) สาขาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล คณะกรรมการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กำลังศึกษาวิทยานิพนธ์ เรื่อง “การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร” ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิตและการศึกษาในครั้งนี้ได้เน้นให้นิสิตศึกษาข้อมูลด้วยตนเอง ดังนั้น เพื่อให้การจัดทำวิทยานิพนธ์เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและบรรลุวัตถุประสงค์ คณะกรรมการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์ให้ นายเดชทัต บุรณะอัสวกุล ศึกษาและเก็บรวบรวมในรายละเอียดตามแบบสอบถามที่แนบมาพร้อมนี้

คณะฯ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์ ดร.ชลธิชา ธรรมวิญญู)
คณบดีคณะกรรมการบัญชีและการจัดการ
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

งานบริหารหลักสูตรและการจัดการเรียนการสอน ระดับบัณฑิตศึกษา
คณะกรรมการบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
โทรศัพท์ 0-4375-4333 ต่อ 5630

เอกสารชี้แจงสำหรับอาสาสมัครที่ตอบแบบสอบถาม
(สำหรับการตอบแบบสอบถาม 18 ปีขึ้นไป)

เรียน ผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่าน

เนื่องด้วยข้าพเจ้า นายเดชทัต บุรณะอัครกุล นิสิตปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล คณะบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม) กำลังดำเนินการวิจัย เรื่อง “การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร” โดยมีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้ 1. เพื่อเก็บข้อมูลและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยรวม ของอาคารชุดที่พักอาศัย ในกรุงเทพมหานคร 2. เพื่อประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด โดยการเทียบกับที่ออกแบบ 3. เพื่อศึกษาหาแนวทางการจัดการ การใช้พลังงานโดยรวม

ประโยชน์ที่ท่านจะได้รับจากการวิจัยนี้ คือ 1. เป็นข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์การวางแผนการทำงาน และการบำรุงรักษา ระบบไฟฟ้า 2. เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตั้งค่าการใช้งานของบริภัณฑ์ไฟฟ้า ให้เหมาะสมกับการใช้งาน หรือ “ท่านอาจจะไม่ได้รับประโยชน์โดยตรงจากการเข้าร่วมโครงการวิจัยนี้ แต่ข้อมูลที่ได้จะมีประโยชน์ต่ออาคารชุด ที่พักอาศัย และหากท่านตัดสินใจเข้าร่วมการวิจัยแล้ว ผู้วิจัยจะขอใช้ข้อมูลเพื่อขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย ในประเด็น ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุด ข้อมูลทางเทคนิค และข้อความคิดเห็น ซึ่งประกอบด้วยคำถาม ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุด ที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร จำนวน 6 ข้อ ตอนที่ 2 กรอกข้อมูลทางเทคนิค ตามการใช้งาน ตอนที่ 3 ข้อความคิดเห็น จากตอนที่ 2 เพื่อให้ระดับความเหมาะสม จำนวน 10 ข้อ ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น โดยใช้เวลาในการตอบแบบฟอร์มประมาณ 15 นาที และจะขอรับแบบฟอร์มที่ส่งคืนโดยทางอีเมลที่ techatat@gmail.com หรือ ID Line: A. Techatat E

หากท่านรู้สึกอึดอัด หรือรู้สึกไม่สบายใจในการตอบคำถาม หรือมีสิทธิที่จะไม่ตอบคำถามเหล่านั้นได้ รวมถึงท่านมีสิทธิ์ถอนตัวออกจากโครงการนี้เมื่อใดก็ได้ โดยไม่ต้องแจ้งให้ทราบล่วงหน้า และการไม่เข้าร่วมวิจัยหรือถอนตัวออกจากโครงการวิจัยนี้ จะไม่มีผลกระทบใดๆ ต่อการปฏิบัติงานของท่านแต่ประการใด

ข้อมูลในการตอบแบบสอบถามของท่านจะถูกเก็บรักษาไว้ ไม่เปิดเผยต่อสาธารณะเป็นรายบุคคล แต่จะรายงานผลการวิจัยในภาพรวมเท่านั้น และจะดำเนินการทำลายข้อมูลที่เกี่ยวข้องภายหลังเสร็จสิ้นการวิจัย การวิจัยครั้งนี้ท่านจะไม่ได้รับค่าตอบแทนและไม่เสียค่าใช้จ่ายใดๆ ทั้งสิ้น

หากท่านมีข้อสงสัยเกี่ยวกับงานวิจัย โปรดติดต่อได้ที่ นายเดชทัต บุรณะอัครกุล สาขาวิชาการบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล คณะบัญชีและการจัดการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หมายเลขโทรศัพท์มือถือที่สามารถติดต่อได้ 088-585-1880 หรือ ID Line: A. Techatat B

หากท่านได้รับการปฏิบัติไม่ตรงตามที่ระบุไว้หรือต้องการทราบสิทธิของท่านขณะเข้าร่วมการวิจัยนี้ สามารถติดต่อได้ที่ “คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม กองส่งเสริมการวิจัยและบริการวิชาการ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม” โทร. 043-754416 เบอร์ภายใน 1755

ขอขอบพระคุณอย่างสูง

(นายเดชทัต บุรณะอัครกุล)

ผู้วิจัย

แบบแสดงความยินยอมให้ทำการวิจัยจากอาสาสมัคร
(สำหรับอาสาสมัครอายุ 18 ปีขึ้นไป)

ข้าพเจ้า นามสกุล อายุ ปี บ้านเลขที่ หมู่ที่ ตำบล
อำเภอ จังหวัด

ได้อ่านคำชี้แจง/รับฟังคำอธิบายจาก นายเดชทัต บุรณะอัครกุล เกี่ยวกับการเป็นอาสาสมัครในโครงการวิจัยเรื่อง “การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร” โดยข้อความที่อธิบายประกอบด้วย รายละเอียดทั้งหมดเกี่ยวกับที่มาและจุดมุ่งหมายในการทำวิจัย, รายละเอียดของขั้นตอนต่างๆ ที่ข้าพเจ้าต้องปฏิบัติและได้รับการปฏิบัติ, ประโยชน์ที่ข้าพเจ้าจะได้รับจากการวิจัย และความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นจากการเข้าร่วมการวิจัย รวมทั้งแนวทางป้องกันและแก้ไขหากเกิดอันตราย โดยได้อ่าน/รับฟังคำอธิบายข้อความในเอกสารชี้แจงสำหรับอาสาสมัครที่ตอบแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย โดยข้าพเจ้าได้รับคำอธิบายและการตอบข้อสงสัยจากหัวหน้าโครงการวิจัยเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

ตลอดจนการรับรองจากผู้วิจัยที่จะเก็บรักษาข้อมูลของข้าพเจ้าไว้เป็นความลับ และไม่ระบุชื่อหรือข้อมูลส่วนตัวเป็นรายบุคคลต่อสาธารณชน โดยผลการวิจัยจะนำเสนอในสื่อและภาพรวมที่เป็นการสรุปผลการวิจัยเพื่อประโยชน์ทางวิชาการเท่านั้น

“ในการเข้าร่วมเป็นอาสาสมัครของโครงการวิจัยครั้งนี้ ข้าพเจ้าเข้าร่วมด้วยความสมัครใจ” และข้าพเจ้าสามารถถอนตัวจากการศึกษานี้เมื่อใดก็ได้ ถ้าข้าพเจ้าปรารถนา โดยจะไม่มีผลกระทบและไม่เสียสิทธิ์ใดๆ ในการให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินธุรกิจที่การเก็บรวบรวมข้อมูลทางการวิจัย ที่ข้าพเจ้าจะได้รับต่อไปในอนาคต

ข้าพเจ้าเข้าใจข้อความในเอกสารชี้แจงอาสาสมัคร และแบบแสดงความยินยอมนี้โดยตลอดแล้วจึงลงลายมือชื่อไว้ ณ ที่นี้

ลงชื่อ.....อาสาสมัคร

(.....)

วันที่.....

ลงชื่อ.....ผู้ขอความยินยอม

(นายเดชทัต บุรณะอัครกุล)

วันที่..... 2564

แบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย

เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร

คำชี้แจง :

แบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยชุดนี้เป็นแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยเพื่อการวิจัย เรื่อง การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุดในกรุงเทพมหานคร เพื่อประกอบการศึกษาระดับปริญญาเอกของผู้วิจัย หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์และความร่วมมือในการตอบแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยจากท่าน โปรดให้ข้อมูลในการตอบรับแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยให้ครบทุกคำถาม และส่งกลับคืนภายใน 15 วัน นับแต่วันที่ได้รับแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัย

1. แบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยชุดนี้แบ่งออกเป็น 4 ตอน ประกอบด้วย
 - ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดที่ศึกษาในกรุงเทพมหานคร จำนวน 6 ข้อ
 - ตอนที่ 2 กรอกข้อมูลทางเทคนิค
 - ตอนที่ 3 ขอความคิดเห็น จากตอนที่ 2 จำนวน 10 ข้อ
 - ตอนที่ 4 ข้อเสนอแนะและข้อคิดเห็น

2. การตอบแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยนี้ คำตอบของท่านมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย

กรุณาตอบคำถามทุกข้อ ทุกตอน เพื่อให้การวิจัยนี้มีความเที่ยงตรงและเกิดประโยชน์อย่างแท้จริง โดยตอบแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยตามความเป็นจริง

3. ข้อมูลที่ท่านตอบแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยจะเก็บเป็นความลับ การนำเสนอผลการวิจัยจะเสนอในภาพรวมเท่านั้น

4. หากท่านต้องการรับรายงานสรุปผลการวิจัย โปรดแนบนามบัตรของท่านพร้อมกับแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยนี้

() ต้องการ

() ไม่ต้องการ

หากมีปัญหาหรือข้อสงสัยประการใดที่เกี่ยวกับแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อการวิจัยชุดนี้ โปรดติดต่อ นายเดชทัต บุรณะอัครกุล

หมายเลขโทรศัพท์ 085-1000-209 E-mail : techatat@gmail.com ID Line: A.Techatat B

พูน ปณ ติ โต ชีเว

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณที่ท่านสละเวลาในการให้ข้อมูลตอบและในกรณีที่ท่านอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อ
การวิจัย และขอความกรุณาส่งแบบฟอร์มขอความอนุเคราะห์ข้อมูล เพื่อกลับมายังภาควิชาภายใน 15 วัน ขอขอบคุณ
มา ณ โอกาสนี้



นายเดชทัต บุรณะอัสวกุล

นิสิตปริญญาเอก สาขาวิชาบริหารธุรกิจนวัตกรรมการและดิจิทัล

คณะกรรมการบัญชีและการจัดการมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



ตอนที่1 ข้อมูลทั่วไปของอาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

1. อาคารชุดที่พักอาศัยตั้งอยู่ในทำเลแบบใด

- () ใกล้ถนนใหญ่ () ใกล้แนวรถไฟฟ้า
() ในซอย () อื่นๆ (โปรดระบุ)

2. อาคารชุดที่พักอาศัยที่มีความสูง

- () น้อยกว่าหรือเท่ากับ 23 เมตร () มากกว่า 23 – 50 เมตร
() 51 – 100 เมตร () อื่นๆ (โปรดระบุ)

3. ขนาดห้องที่พักอาศัย

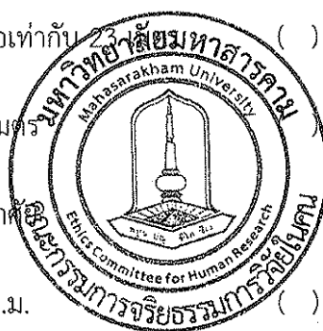
- () 20 – 30 ตร.ม. () 31 – 40 ตร.ม.
() 41 – 50 ตร.ม. () อื่นๆ (โปรดระบุ)

4. จำนวนผู้พักอาศัยในห้องพักโดยเฉลี่ย

- () 1 ท่าน () 2 ท่าน
() 3 ท่าน () มากกว่า 3 ท่าน (โปรดระบุ).....

5. อัตราจำนวนผู้พักอาศัยในอาคารชุดโดยเฉลี่ย

- () 20% – 40% () 41% - 60%
() 61% - 80% () 81% - 100%



6. หม้อแปลงที่ใช้ในการจ่ายให้กับโหลดส่วนกลางใช้เป็นหม้อแปลงชนิด

- () หม้อแปลงแยกต่างหาก () ใช้ร่วมกับหม้อแปลงจ่ายเข้าส่วนที่พักอาศัย
- () อื่นๆ (โปรดระบุ)



ตอนที่ 2 กรุณากรอกข้อมูล ขนาดของหม้อแปลง, แมนนิเตอร์, มอเตอร์โหลด, ขนาดC.Bที่หม้อแปลง, ขนาด Tie C.B, Stepที่ใช้งาน และStepทั้งหมดของ Capacitor Bank ลงในตารางด้านล่างนี้

ขอข้อมูลที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 20.00-23.00น. เพื่อต้องการเห็นการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุด



อาคารที่ 1	Tr1 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr1		Tie C.B		Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT	AF	AT	Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
จำนวน....ชั้น	Tr2 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr2				Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT			Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
อาคารที่ 2	Tr1 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr1		Tie C.B		Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT	AF	AT	Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
จำนวน....ชั้น	Tr2 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr2				Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT			Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
อาคารที่ 3	Tr1 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr1		Tie C.B		Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT	AF	AT	Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
จำนวน....ชั้น	Tr2 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr2				Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT			Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
อาคารที่ 4	Tr1 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr1		Tie C.B		Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT	AF	AT	Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
จำนวน....ชั้น	Tr2 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr2				Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT			Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
อาคารที่ 5	Tr1 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr1		Tie C.B		Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT	AF	AT	Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
จำนวน....ชั้น	Tr2 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr2				Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT			Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
อาคารที่ 6	Tr1 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr1		Tie C.B		Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT	AF	AT	Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด
จำนวน....ชั้น	Tr2 Size	Meter Main	Meter ส่วนกลาง	MainC.B @Tr2				Capacitor Bank	
	(kVA)	(A)	(A)	AF	AT			Stepที่ใช้	Stepทั้งหมด

หมายเหตุ: Tr1= หม้อแปลงไฟฟ้า1

Tr2 = หม้อแปลงไฟฟ้า2

C.B = เซอร์กิตเบรกเกอร์

AT = Ampere trip

AF = Ampere Frame

Tie C.B = เซอร์เบรกเกอร์ตัวหาย

พูน บณู ทิโต ชีเว

ตอนที่ 3. ขอความคิดเห็น เพื่อให้ระดับความเหมาะสมจากตารางของตอนที่ 2 เกี่ยวกับการใช้พลังงาน
กระแสไฟฟ้าโดยรวมของอาคารชุดที่พักอาศัยในกรุงเทพมหานคร

การใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร	ระดับความเหมาะสม		
	เหมาะสม (1)	ไม่แน่ใจ (0)	ไม่เหมาะสม (-1)
1. ท่านคิดว่าการใช้กระแสไฟฟ้าที่เมน มีความเหมาะสมกับ ขนาด AF ของ Main C.B ระดับใด			
2. การปรับตั้งค่า AT ที่ Main C.B มีความเหมาะสมกับการใช้ กระแสไฟฟ้า ระดับใด			
3. ท่านคิดว่าการใช้กระแสที่ส่วนกลางมีความเหมาะสมกับ AF ของ C.B ส่วนกลาง ระดับใด			
4. การปรับตั้งค่า AT ที่ C.B ส่วนกลาง มีความเหมาะสมกับการ ใช้กระแสไฟฟ้าส่วนกลาง ระดับใด			
5. ท่านคิดว่าการใช้กระแสมีความเหมาะสมกับขนาด Tie C.B ระดับใด			
6. การปรับตั้งค่า AT ที่ Tie C.B มีความเหมาะสมกับการใช้ กระแสไฟฟ้า ระดับใด			
7. ท่านคิดว่าการใช้กระแสไฟฟ้าโดยรวมกับขนาดของหม้อแปลง มีความเหมาะสมระดับใด			
8. ท่านคิดว่ามีความเหมาะสมของ Step ที่ใช้งานกับจำนวน Step ทั้งหมดของ Capacitor Bank ระดับใด			
9. ท่านคิดว่าการออกแบบให้หม้อแปลงไฟฟ้าและ C.B มีขนาด ใหญ่ เพื่อไว้มาก มากกว่าค่าการใช้พลังงานกระแสไฟฟ้าโดยรวม ที่เกิดขึ้นจริง จะมีความเหมาะสมกับระบบไฟฟ้า ระดับใด			
10. ท่านคิดว่าการเลือกใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ที่มีความใหญ่ เกิน ขนาดการใช้งานมากๆ จะความเหมาะสมกับระบบไฟฟ้าระดับใด			



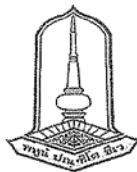
ม.ป.อ. จ.ป.อ. ๒



ภาคผนวก ข

แบบอนุมัติการพิจารณารับรองจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

พหุบัณฑิตวิทยาลัย



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

เอกสารรับรองโครงการวิจัย

เลขที่การรับรอง : 031-019/2564

ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาไทย) การประเมินการใช้พลังงานโดยรวมของอาคารชุด ในกรุงเทพมหานคร
ชื่อโครงการวิจัย (ภาษาอังกฤษ) THE OVERALL ENERGY CONSUMPTION ASSESSMENT OF THE
CONDOMINIUM IN BANGKOK.

ผู้วิจัย : นายเดชทัต บุรณะอัครกุล

หน่วยงานที่รับผิดชอบ : คณะการบัญชีและการจัดการ

สถานที่ทำการวิจัย : อาคารชุดที่พิกาศัย (อาคารสูง) ในกรุงเทพมหานคร

ประเภทการพิจารณาแบบ : แบบยกเว้น

วันที่รับรอง : 2 กุมภาพันธ์ 2564

วันหมดอายุ : 1 กุมภาพันธ์ 2565

ข้อเสนอการวิจัยนี้ ได้รับการพิจารณาและให้ความเห็นชอบจากคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคามแล้ว และอนุมัติในด้านจริยธรรมให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องข้างต้นได้ บนพื้นฐานของโครงการวิจัยที่คณะกรรมการฯ ได้รับและพิจารณา เมื่อเสร็จสิ้นโครงการแล้วให้ผู้วิจัยส่งแบบฟอร์มการปิดโครงการและรายงานผลการดำเนินงานมายังคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน มหาวิทยาลัยมหาสารคาม หรือ หากมีการเปลี่ยนแปลงใดๆ ในโครงการวิจัย ผู้วิจัยจักต้องยื่นขอรับการพิจารณาใหม่

..... กตธีร์ สว่างจิตร์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกษีกรหญิงรัตรี สว่างจิตร์)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในคน

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ทั้งนี้ การรับรองนี้มีเงื่อนไขดังที่ระบุไว้ด้านหลังทุกข้อ (ดูด้านหลังของเอกสารรับรองโครงการวิจัย)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายเตชทัต บุรณะอัครกุล
วันเกิด	วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2516
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	633/15 ซอย Pradu 63 แขวงบางโคล่ เขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร 10120
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2538 ปริญญาครุศาสตรบัณฑิต (ค.อ.บ.) วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2542 ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต (บธ.ม.) มหาวิทยาลัยกรุงเทพ พ.ศ. 2564 ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิต (ปร.ด.) สาขาบริหารธุรกิจและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

พูน บุญเกิด ชีวะ