รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

การติดตั้งและตรวจสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

Installation and Inspection of Electric Energy Meters

โดย

นายศุภชัย ปัญญาบารมี 6423200006

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชาสหกิจศึกษาวิศวกรรมไฟฟ้า

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม

ภาคการศึกษา 2 ปีการศึกษา 2564

หัวข้อโครงงาน การติดตั้งและตรวจสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า
Installation and Inspection of Electric Energy Meters

รายชื่อผู้จัดทำ นาย ศุภชัย ปัญญาบารมี รหัสนักศึกษา 6423200006

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. ดร. ยงยุทธ นารายณ์

อนุมัติให้โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ประจำภาคการศึกษาที่ 2 ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบโครงงาน

..... ประธานกรรมการ
(ผศ. ดร. ยงยุทธ นารายณ์)

..... พนักงานที่ปรึกษา
(คุณ โอพอ ศรีวิไลเมฆ)

..... กรรมการกลาง
(ผศ. วิภาวัลย์ นาคทรัพย์)

..... ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผศ. ดร. มารุจ ยิมประวัฒนะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 18 สิงหาคม พ.ศ. 2565

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

เรียน อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ผศ. ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์

ตามที่ผู้จัดทำ นายศุภชัย ปัญญาบารมี นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษา ระหว่างวันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ในตำแหน่ง ช่างเทคนิคสายอากาศ 5 แผนกบริการเครื่องวัดไฟฟ้า ณ การไฟฟ้านครหลวง เขต ราษฎร์บูรณะ และได้รับมอบหมายจากพนักงานที่ปรึกษาให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง “การติดตั้งและตรวจสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Installation and Inspection of Electric Energy Meters)”

บัดนี้การปฏิบัติงานสหกิจศึกษาได้สิ้นสุดลงแล้ว ทางผู้จัดทำจึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

นายศุภชัย ปัญญาบารมี

นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

กิตติกรรมประกาศ

(Acknowledgement)

จากการที่ผู้จัดทำได้มาปฏิบัติงานในโครงงานสหกิจศึกษา ณ การไฟฟ้านครหลวง เขตราษฎร์บูรณะ ตั้งแต่วันที่ 17 มกราคม พ.ศ. 2565 ถึงวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการเรียนและการปฏิบัติงานในอนาคต เกี่ยวกับการปฏิบัติงานใน ตำแหน่ง ช่างเทคนิคสายอากาศ 5 ณ การไฟฟ้านครหลวง เขตราษฎร์บูรณะ โดยทางหน่วยงาน ได้สอน ได้เรียนรู้งาน และปัญหาที่พบในการทำงานในแผนกต่างๆ จึงขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ และสนับสนุนจากหลายฝ่าย ดังนี้

1) คุณโสพส ศรีวิไลเมฆ (ผู้ช่วยแผนกบริการเครื่องวัดฯ)

4) ผศ. ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์ (อาจารย์ที่ปรึกษาสหกิจศึกษา)

และบุคคลท่านอื่นๆที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำช่วยเหลือในการจัดทำรายงาน ผู้จัดทำขอขอบพระคุณผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมในการให้ข้อมูลและเป็น ที่ปรึกษาในการทำรายงานฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์ตลอดจนให้การดูแลและให้ความเข้าใจในชีวิตการทำงานจริง ซึ่งผู้จัดทำขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ผู้จัดทำ

นาย ศุภชัย ปัญญาบารมี

ชื่อโครงงาน:	การติดตั้งและตรวจสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า
หน่วยกิต:	5 หน่วยกิต
ชื่อนักศึกษา:	นายศุภชัย ปัญญาบารมี 6423200006
อาจารย์ที่ปรึกษา:	ผศ.ดร. ยงยุทธ นาราษฎร์
ระดับการศึกษา:	ปริญญาตรี (วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต)
ภาควิชา:	วิศวกรรมไฟฟ้า
คณะ:	วิศวกรรมศาสตร์
ภาคการศึกษา/ปีการศึกษา:	2/2564

บทคัดย่อ

โครงงานสหกิจศึกษาฉบับนี้นำเสนอประสบการณ์การทำงานเกี่ยวกับการติดตั้งและตรวจสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ซึ่งได้ทำการศึกษาและปฏิบัติงานในแผนกบริการเครื่อวัดไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง เขตราษฎร์บูรณะ ในระหว่างโครงการสหกิจศึกษาของมหาวิทยาลัยสยาม เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าที่ติดตั้งเพื่อใช้ในระดับแรงดันไฟฟ้าสูงถึง 24 kV ของการไฟฟ้านครหลวง ถูกนำเสนอไว้ในรายงานฉบับนี้ ประกอบด้วยแบบอัตราค่าไฟฟ้าตามความต้องการ แบบอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ แบบอัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของวัน และแบบสำหรับผู้ผลิตไฟฟ้าขนาดเล็กมาก ขั้นตอนการติดตั้งและหลักการทำงานของเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าและอุปกรณ์ประกอบต่างๆ ได้ถูกอธิบายไว้อย่างละเอียด นอกจากนั้น การอ่านรหัสและการตรวจสอบเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงได้ถูกนำเสนอไว้ในรายงานนี้ด้วย

คำสำคัญ: เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า/การไฟฟ้านครหลวง/การอ่านรหัสเครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า

Project Title:	Installation and Inspection of Electric Energy Meters
Credits:	5 Units
By:	Mr. Supachai Panyabaramee 6423200006
Advisor:	Asst. Prof. Dr. Yongyuth Naras
Degree:	Bachelor of Engineering
Major:	Electrical Engineering
Faculty:	Engineering
Semester/Academic Year:	2/2021

Abstract

This cooperative education report presented work experiences on the installation and inspection of electric energy meters of Metropolitan Electricity Authority (MEA), which was studied and practiced in the electric meter service department, Rat Burana District Metropolitan Electricity Authority during the cooperative education program of Siam University. The electric energy meters installed for voltage levels up to 24 kV of the Metropolitan Electricity Authority were presented in this report, including; Demand, Time of Use Tariff (TOU), Time of Day Tariff (TOD), and Very Small Power Producer (VSPP) types. Procedures of the installation of the meters and other equipment and their working principles were discussed in detail. In addition, the code reading and inspection of the MEA's electric energy meter were also presented in this report.

Keywords: electric energy meter, Metropolitan Electricity Authority, meter code reading

สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
Abstract	ง
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 หม้อแปลงเครื่องมือวัด	3
2.2 การวัดกำลังในระบบไฟฟ้า 3 เฟส	11
2.3 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า	17
2.4 อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง	21
2.5 เว็บไซต์ Measmartlife	28
2.6 การตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้า	31
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	39
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	39
3.2 ประวัติความเป็นมา	40
3.3 แผนผังโครงสร้างองค์กร	43
3.4 ตำแหน่งงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย	44
3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา	44
3.6 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน	45
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	45
3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	46

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงานตามโครงงาน 47

4.1 การติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า 47

4.2 การตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้า 63

บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ 70

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน 70

5.2 ข้อเสนอแนะการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา 70

5.3 สรุปผลการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษา 70

5.4 ข้อเสนอแนะการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษา 70

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ประวัติผู้จัดทำ

มหาวิทยาลัยสยาม SIAM UNIVERSITY

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้ายี่ห้อ Thai Maxwell Electric	4
รูปที่ 2.2 เฟสเซอร์ไดอะแกรม (Phasor Diagram) ของ CT	5
รูปที่ 2.3 ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของ CT	6
รูปที่ 2.4 วงจรการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ร่วมกับ CT	7
รูปที่ 2.5 อุปกรณ์จริงของการต่อวงจร CT ของเครื่องวัดฯ 3เฟส 4สาย	8
รูปที่ 2.6 หม้อแปลงแรงดันขนาดแรงดัน 12kV, 24kV	9
รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของหม้อแปลงแรงดันแบบ Electromagnetic	9
รูปที่ 2.8 วงจรการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย ร่วมกับ CT และ VT	10
รูปที่ 2.9 อุปกรณ์จริงของการต่อวงจร CT และ VT ของเครื่องวัดไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย	10
รูปที่ 2.10 การวัดกำลังของระบบ 3 เฟสที่มีสายนิวทรัล	11
รูปที่ 2.11 การวัดกำลังของระบบ 3 เฟสโดยใช้จุดร่วมนอกระบบ	12
รูปที่ 2.12 การวัดกำลังจริงโดยกำหนดให้จุดร่วมอยู่บนสายเฟส b	13
รูปที่ 2.13 เฟสเซอร์ของวงจรระบบ 3 เฟสได้ดุล กับโหลดได้ดุลแบบเดลตา	14
รูปที่ 2.14 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท Demand	17
รูปที่ 2.15 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท TOU	18
รูปที่ 2.16 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท TOD	19
รูปที่ 2.17 เครื่องวัดไฟฟ้าประเภท VSPP	20
รูปที่ 2.18 หน้าเว็บไซต์ Measmartlife	28
รูปที่ 2.19 หน้าลงทะเบียนขอเข้าใช้งาน Measmartlife	29
รูปที่ 2.20 หน้าต่างแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ไฟฟ้าและเครื่องวัดไฟฟ้า	29
รูปที่ 2.21 การเลือกระยะเวลาที่ต้องการแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า	30
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการแสดงค่าการใช้กำลังไฟฟ้าจริงของเดือนมิถุนายน 2565	30
รูปที่ 2.23 การ Export ข้อมูลจากเว็บไซต์ในรูปแบบ Excel	31
รูปที่ 2.24 การต่อสายเมนกับ CT และ VT	32
รูปที่ 2.25 Wireless Current Meter	33

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 2.26 ด้ามต่อ Radio Transmitter	34
รูปที่ 2.27 Clamp on Power Meter	34
รูปที่ 2.28 การต่อวงจรวัดค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 3 เฟส 4 สาย	36
รูปที่ 2.29 Phasor Diagram ของโหลด 3เฟส 4สาย	36
รูปที่ 2.30 การต่อวงจรวัดค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 3 เฟส 3 สาย	37
รูปที่ 2.31 Phasor Diagram ของโหลด 3 เฟส 3 สาย	37
รูปที่ 2.32 ค่า Constant ของเครื่องวัดฯ รุ่น EDMI Mk10A	38
รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์ของการไฟฟ้านครหลวง	39
รูปที่ 3.2 แผนที่ตั้งของการไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ	39
รูปที่ 3.3 การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ	40
รูปที่ 3.4 แผนผังโครงสร้างองค์กรของการไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ	43
รูปที่ 4.1 สายต่อวงจรควบคุม	47
รูปที่ 4.2 ตู้เครื่องวัดไฟฟ้า	48
รูปที่ 4.3 เครื่องวัดไฟฟ้า	48
รูปที่ 4.4 CT ระบบแรงดัน 230/400 V พิกัดกระแส 400/5 A	49
รูปที่ 4.5 CT ระบบแรงดัน 12 kV และ 24 kV พิกัดกระแส 10/5 A	49
รูปที่ 4.6 VT พิกัดแรงดัน 24 kV/120 V	50
รูปที่ 4.7 ตำแหน่งหมายเลขรหัสเครื่องวัดไฟฟ้าและ Serial no.	50
รูปที่ 4.8 ตรวจสอบตู้โหลดเซ็นเตอร์ของลูกค้าก่อนเริ่มปฏิบัติงาน	52
รูปที่ 4.9 ตรวจสอบการทำสัญลักษณ์บอกเฟสของสายเมนภายในของลูกค้า	52
รูปที่ 4.10 การต่อวงจรของ CT	53
รูปที่ 4.11 การส่งของขึ้นเสาด้วยเชือก	53
รูปที่ 4.12 ลักษณะการติดตั้ง CT บนยอดเสา และการเชื่อมต่อสายเมนของลูกค้ากับ กฟน.	54
รูปที่ 4.13 การติดตั้งตู้และต่อสายควบคุมเข้าเครื่องวัดไฟฟ้า	54
รูปที่ 4.14 การต่อกราวด์ระหว่างตู้เครื่องวัดไฟฟ้ากับเสาไฟฟ้า	55

สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 4.15 วงจรการต่อสายควบคุมที่ด้านในของฝาครอบเครื่องวัดไฟฟ้า	55
รูปที่ 4.16 การวัดค่าแรงดันและลำดับเฟส	56
รูปที่ 4.17 ตำแหน่งหมายเลข Serial no. ของ CT และ VT	57
รูปที่ 4.18 การปลด Drop Out Fuse หม้อแปลงภายในของลูกค้า	58
รูปที่ 4.19 Hot Line, Stirrup Clamp และลักษณะการต่อใช้งาน	59
รูปที่ 4.20 การนำ CT และ VT ทั้ง 4 ลูก ขึ้นไปยึดติดไว้กับคานเหล็ก	59
รูปที่ 4.21 การต่อสายควบคุมที่ขั้วต่อด้าน Secondary ของ CT และ VT	60
รูปที่ 4.22 การติดตั้งตู้และการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า	60
รูปที่ 4.23 การใส่ Hot Line Stirrup Clamp และ สับ Drop Out Fuse	61
รูปที่ 4.24 การวัดค่าแรงดันและลำดับเฟสของเครื่องวัดไฟฟ้า	62
รูปที่ 4.25 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าด้าน Primary กับ Secondary ของ CT	63
รูปที่ 4.26 วิธีการใช้ Clamp on Power Meter วัดค่าจากสายควบคุม	64
รูปที่ 4.27 Phasor Diagram ของโหลด 3 เฟส 4 สาย	65
รูปที่ 4.28 ค่า Constant ของเครื่องวัดฯ Itron	66
รูปที่ 4.29 การวัดค่ากระแสและวัดแรงดันระหว่างสายเมนกับสายควบคุม	67
รูปที่ 4.30 ค่า Constant ของเครื่องวัดฯ Elster Type A1800	68
รูปที่ 4.31 Phasor Diagram ของโหลด 3 เฟส 3 สาย	69

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท VSPP 20

ตารางที่ 2.2 ประเภท 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน 21

ตารางที่ 2.3 ประเภท 1.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน 21

ตารางที่ 2.4 ประเภท 1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 22

ตารางที่ 2.5 ประเภท 2.1 อัตราปกติ 22

ตารางที่ 2.6 ประเภท 2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 23

ตารางที่ 2.7 ประเภท 3.1 อัตราปกติ 23

ตารางที่ 2.8 ประเภท 3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 23

ตารางที่ 2.9 ประเภท 4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน **(Time of Day Tariff :TOD Tariff)** 25

ตารางที่ 2.10 ประเภท 4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 25

ตารางที่ 2.11 ประเภท 5.1 อัตราปกติ 26

ตารางที่ 2.12 ประเภท 5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 26

ตารางที่ 2.13 ประเภท 6.1 อัตราปกติ 26

ตารางที่ 2.14 ประเภท 6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 27

ตารางที่ 2.15 ประเภท 7.1 อัตราปกติ 27

ตารางที่ 2.16 ประเภท 7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)** 27

ตารางที่ 2.17 ประเภทที่ 8.1 อัตรารายเดือน 28

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน 45

ตารางที่ 4.1 ค่าที่บันทึกจาก Clamp on Power Meter โหลด 3 เฟส 4 สาย 64

ตารางที่ 4.2 ค่าที่บันทึกจาก Clamp on Power Meter โหลด 3 เฟส 3 สาย 68

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

พลังงานไฟฟ้ามีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของผู้คนในสังคมเป็นอย่างยิ่ง ไม่ว่าจะเป็น การสื่อสาร การคมนาคม การเกษตร การศึกษา และภาคอุตสาหกรรม ตลอดจนอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในที่อยู่อาศัย ซึ่งปัจจุบันนโยบายจากทางรัฐบาลได้มีการส่งเสริมให้ประชาชนหันมาใช้รถยนต์ไฟฟ้า ทดแทนการใช้เครื่องยนต์สันดาป เพื่อลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และลดปริมาณมลภาวะทางอากาศ ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศมีแนวโน้มที่จะสูงมากยิ่งขึ้นในอนาคต

จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นได้ว่าพลังงานไฟฟ้าเป็นหนึ่งในต้นทุนที่จะเกิดขึ้นอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งเหมาะกับผู้ประกอบการหรือแม้แต่บุคคลทั่วไป ที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่เครื่องวัดไฟฟ้า รวมถึงวิธีการคิดค่าไฟฟ้า โดยโครงงานนี้จะมีการนำเสนอเรื่องอัตราค่าไฟฟ้าประเภทต่างๆ วิธีการอ่านโค้ดบนหน้าจอแสดงผลที่ตัวเครื่องวัดฯในแต่ละประเภท วิธีการติดตั้งเครื่องวัดฯ และวิธีการตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดฯ

ทางผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่าข้อมูลเหล่านี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้ใช้ไฟฟ้า หรือบุคคลที่มีความสนใจ สามารถนำข้อมูลไปปรับใช้ในการวางแผนการใช้ไฟฟ้า ให้เกิดประโยชน์สูงสุดแก่หน่วยงานหรือที่อยู่อาศัยของท่านต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อทราบถึงอุปกรณ์ที่ใช้ในการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์ ที่ใช้ในการไฟฟ้านครหลวง

1.2.2 เพื่อทราบถึงวิธีการอ่านเครื่องวัดไฟฟ้า ประเภทต่างๆ ที่ใช้ในการไฟฟ้านครหลวง

1.2.3 เพื่อทราบถึงมาตรฐานและขั้นตอนในการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์ ของการไฟฟ้านครหลวง

1.2.4 เพื่อทราบถึงวิธีการตรวจสอบความถูกต้อง หลังจากการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1.3.1 นำเสนอวิธีการอ่านเครื่องวัดไฟฟ้า ประเภท Demand , TOU. (Time of Use Tariff) และประเภท TOD. (Time of Day Tariff)

1.3.2 นำเสนอหลักการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์

1.3.3 นำเสนอขั้นตอนการตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รับความรู้ความเข้าใจ ถึงความหมายของค่าที่แสดงผล การใช้พลังงานไฟฟ้าต่างๆ บนหน้าจอของเครื่องวัดไฟฟ้า เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์และวางแผนการใช้พลังงานไฟฟ้าในหน่วยงานนั้นๆให้เกิดประโยชน์สูงสุด

1.4.3 ได้รับความรู้ความเข้าใจ ถึงขั้นตอนการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ที่มีขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์

1.4.4 ได้รับความรู้ความเข้าใจ ถึงหลักการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า และวิธีการตวรจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดไฟฟ้า ชนิดที่มี CT, VT ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 กิโลโวลต์

SIAM UNIVERSITY

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 หม้อแปลงเครื่องมือวัด (Instrument Transformers)

หลังจากผู้ใช้ไฟฟ้าเริ่มทำสัญญาซื้อขายไฟฟ้ากับทางการไฟฟ้านครหลวงแล้ว ทางการไฟฟ้านครหลวงจะต้องดำเนินการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า เพื่อเป็นตัววัดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของสถานที่ขอใช้ไฟฟ้านั้นๆ ซึ่งกรณีที่เป็นเครื่องวัดฯแรงดันต่ำตั้งแต่พิกัดกระแส 200A ขึ้นไป จนถึงเครื่องวัดฯแรงดันกลางตั้งแต่แรงดัน 12 kV เป็นต้นไป จำเป็นที่จะต้องแปลงระดับแรงดันและกระแสที่มีปริมาณทางไฟฟ้าสูงให้ต่ำเสียก่อน เพื่อที่จะสามารถใช้กับเครื่องวัดไฟฟ้าได้ อุปกรณ์ที่ใช้ในการแปลงแรงดันสูงและกระแสสูง ให้เป็นแรงดันต่ำและกระแสต่ำ เรียกว่า หม้อแปลงเครื่องมือวัด (Instrument Transformers)

หม้อแปลงเครื่องมือวัด สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. หม้อแปลงกระแส (Current Transformer)
2. หม้อแปลงแรงดัน (Voltage Transformer)

2.1.1 หม้อแปลงกระแส (Current Transformer: CT)

หม้อแปลงกระแสมีหน้าที่แปลงขนาดกระแสของระบบไฟฟ้าค่าสูงให้เป็นค่าต่ำเพื่อประโยชน์ในการวัด โดยแยกวงจร Secondary ออกจากวงจร Primary เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงาน และยังสามารถใช้กระแสมาตรฐานทางด้าน Secondary ที่พิกัดกระแส 5A ได้ สำหรับหม้อแปลงกระแสที่ใช้งานในการไฟฟ้านครหลวง จะใช้เป็นยี่ห้อ Thai Maxwell Electric ซึ่งมีแบบที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันกลาง (12kV, 24kV) ตามรูปที่ 2.1 (ก) และแบบที่ใช้กับระบบไฟฟ้าแรงดันต่ำตามรูปที่ 2.1 (ข)

(ก) **(ข)**

รูปที่ 2.1 หม้อแปลงกระแสไฟฟ้ายี่ห้อ Thai Maxwell Electric

หม้อแปลงกระแส มีส่วนประกอบที่สำคัญคือ ขดลวด 2 ชุด ซึ่งพันอยู่บนแกนเหล็ก ขดลวดชุดหนึ่งจะใช้ต่อกับส่วนของวงจรหลักที่ต้องการวัดค่าปริมาณกระแสที่เกิดขึ้นจริง เรียกว่า ขดลวด Primary ขดลวดอีกชุดหนึ่งใช้ต่อกับโหลดภาระ Burden เรียกว่า ขดลวด Secondary ผลจากกระแสไฟสลับ (AC Current) ที่ไหลผ่านขดลวดทางด้าน Primary จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux) ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาขึ้นในแกนเหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นนี้จะไปคล้องกับขดลวด Secondary และเกิดการเหนี่ยวนำทำให้เกิดเป็นแรงเคลื่อนไฟฟ้า EMF (Electro-Motive Force) ขึ้นที่ปลายของขดลวด Secondary ผลที่ได้นี้จะทำให้เกิดมีกระแสไหลในขดลวด Secondary เมื่อนำขดลวด Secondary ไปต่อกับวงจรหรืออุปกรณ์วัดภายนอกอื่นๆ

สำหรับ CT ในทางอุดมคติจะได้ว่า ค่าผลคูณของปริมาณกระแสกับจำนวนรอบของขดลวด (Ampere-Turns) ทางด้าน Primary จะมีค่าเท่ากับทางด้าน Secondary เสมอ เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$N_p \times I_p = N_s \times I_s \qquad (2.1)$$

โดยที่

N_p = Number of Primary Turns

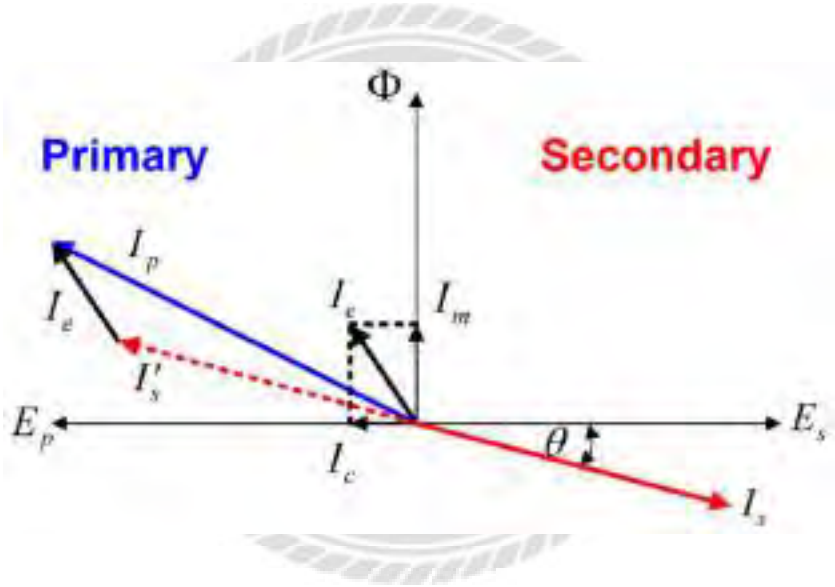
N_s = Number of Secondary Turns

I_p = กระแสในขดลวดทางด้าน Primary

I_s = กระแสในขดลวดทางด้าน Secondary

นั่นคือ ค่ากระแสทางด้าน Secondary จะเป็นสัดส่วนกับค่ากระแสทางด้าน Primary เสมอ ในทางปฏิบัติหม้อแปลงกระแสที่ใช้งานจริงจะต่างจากหม้อแปลงกระแสในอุดมคติเล็กน้อย เนื่องจากผลของคุณลักษณะสมบัติของแกนเหล็กที่ใช้ในหม้อแปลงจริง ซึ่งแสดงดังเฟสเซอร์ไดอะแกรม ในรูปที่ 2.2 เวกเตอร์ E_p และ E_s คือแรงดันในขดลวด Primary และขดลวด Secondary ตามลำดับ กระแสของขดลวดทางด้าน Primary จะประกอบด้วยกระแสแยกไหล 2 ส่วน คือ

1. I_c เป็นกระแสไหลในแกนเหล็ก หรือเป็นกระแสที่ทำให้เกิดการสูญเสียขึ้นในแกนเหล็ก (Iron Loss) มีเฟสเดียวกันกับแรงดัน โดยกระแส I_c ประกอบด้วยกระแสฮีสเตอร์รีซีส (Hysteresis) และกระแสไหลวน (Eddy Current)
2. I_m เป็นกระแสที่ใช้ในการกระตุ้นให้เกิดฟลักซ์แม่เหล็กขึ้นในแกนเหล็ก มีมุมต่างเฟสตั้งฉากกับแรงดันหรือมีเฟสเดียวกันกับฟลักซ์แม่เหล็ก (Φ)



รูปที่ 2.2 เฟสเซอร์ไดอะแกรม (Phasor Diagram) ของ CT

โดยที่

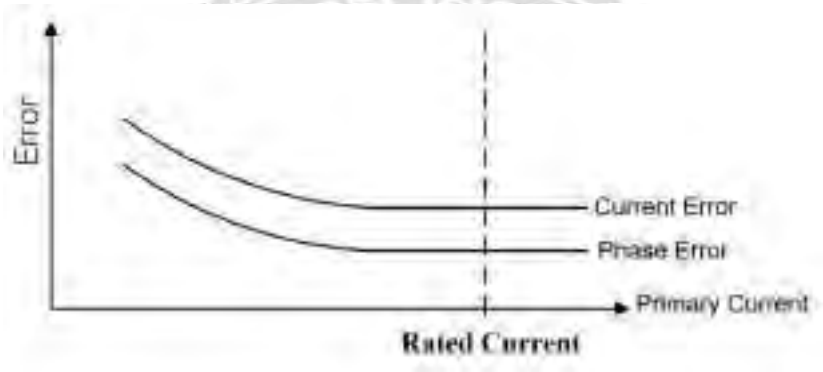
I_e = เป็นผลรวมทางเวกเตอร์ระหว่าง I_m และ I_c ($I_e = I_m + I_c$)

I_s = เป็นกระแสที่ไหลทางด้าน Secondary (Secondary Current) มีมุมตามหลัง E_s เป็นมุม θ

I'_s = เป็นกระแสเสมือนที่ไหลในขดลวด Primary (แปลงมาจากทางด้าน Secondary)

I_p = เป็นกระแสรวมทั้งหมดที่ไหลในขดลวดทางด้าน Primary ($I_p = I_s' + I_e$)

ถ้าค่ากระแสที่ขดลวด Primary มีค่าลดลง ปริมาณกระแสที่ขดลวด Secondary ก็จะลดลงตามไปด้วยแต่ค่าอิมพิแดนซ์ของขดลวด Secondary มีค่าคงที่ ค่าแรงดันของขดลวด Secondary และปริมาณ ฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็กจะลดลงไปด้วย นั่น คือ กระแสกระตุ้น I_e (Exciting Current) จะมีปริมาณลดลง แต่เนื่องจากความ ไม่เป็นเชิงเส้นของกราฟแสดงคุณลักษณะสมบัติแม่เหล็ก (Magnetization Curve) ของแกนเหล็ก กระแสกระตุ้น I_e จะลดลงแบบไม่เป็นเชิงเส้นด้วยเช่นกัน ทำให้เป็นผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนทางปริมาณและเฟสของกระแส (Current Error and Phase Error) ขึ้น ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้จะไม่เป็นสัดส่วนโดยตรงกับระดับปริมาณกระแส ดังรูปที่ 2.3 ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) จะยิ่งมีค่ามากขึ้น เมื่อระดับกระแส Primary มีค่าต่ำๆ ทั้งนี้เนื่องจากกระแสกระตุ้น I_e จะมีผลต่อการเกิดความคลาดเคลื่อนนี้



รูปที่ 2.3 ค่าความคลาดเคลื่อน (Error) ของ CT

การแก้ไขความคลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นเนื่องจากกระแสกระตุ้น (I_e) ในหม้อแปลงกระแสโดยทั่วไปทำได้ 3 วิธี คือ

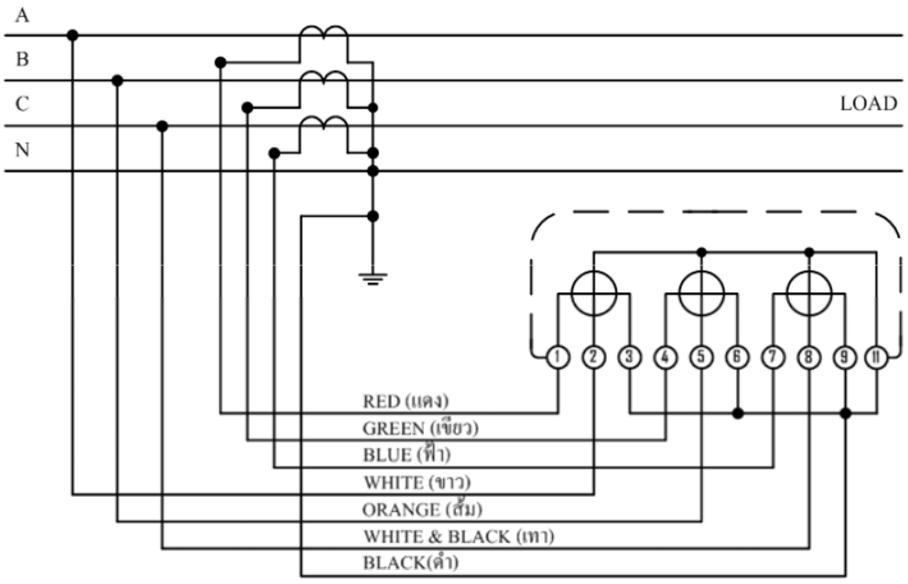
1. โดยการปรับปรุงคุณภาพของวัสดุแม่เหล็กที่นำมาทำเป็นแกนเหล็ก เช่น อาจใช้แกนเหล็กที่ทำจากโลหะผสมซิลิกอน (Cold Rolled Grain-Oriented Silicon Steel : C.R.O.S.S) ซึ่งมีคุณสมบัติทางแม่เหล็กดี มีค่า Knee Point ที่ประมาณ 1.6 T หรืออาจใช้โลหะนิกเกิล (Nickel Steel) ซึ่งมีค่า Knee Point ประมาณ 0.7 T เป็นต้น
2. โดยการลดเส้นทางเดินของพลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็ก
3. โดยการลดความหนาแน่นของฟลักซ์แม่เหล็กในแกนเหล็ก

โดยทั่วไปแล้วด้วยข้อจำกัดบางประการในทางปฏิบัติ ส่วนมากเลือกใช้วิธีปรับปรุงคุณภาพวัสดุแม่เหล็กซึ่งทำได้ง่ายกว่า

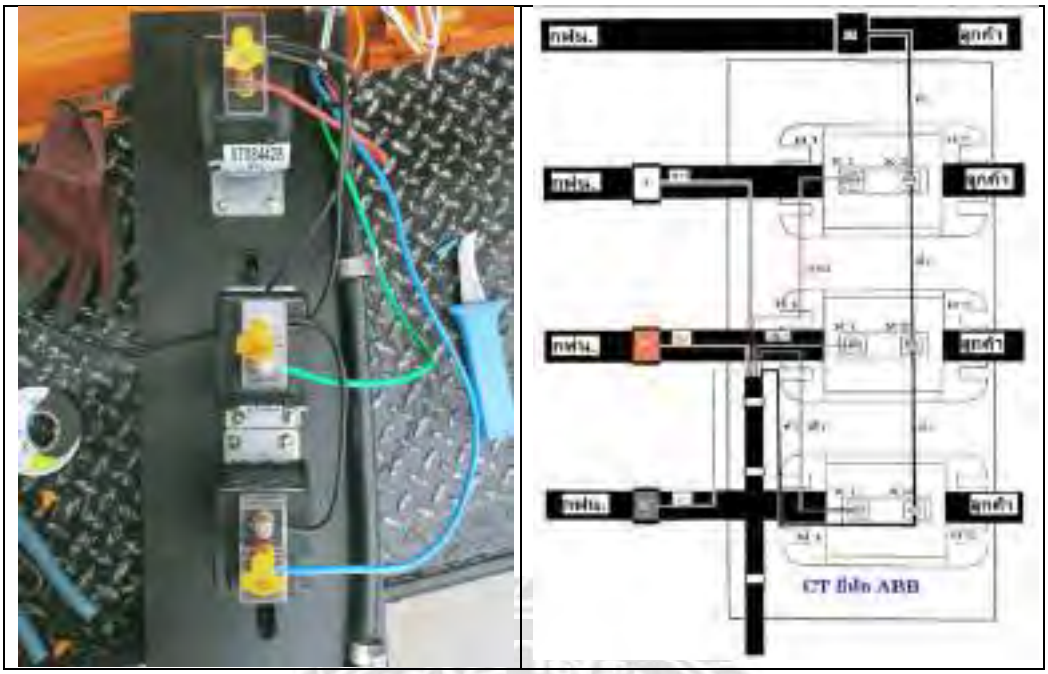
ข้อควรระวังกรณีที่ขดลวดด้าน Primary ของ CT มีการต่อให้งานอยู่ โดยที่วงจรด้าน Secondary ถูกเปิดวงจร จะทำให้เกิดแรงดันทางด้าน Secondary ขณะเปิดวงจรมีค่าที่สูงมากจนอาจทำให้ CT ชำรุดเสียหายได้ ฉนั้นจะต้องทำการ short ขั้ว ทางด้าน Secondary ไว้ทุกครั้งถ้าไม่ได้ต่อโหลดด้าน Secondary

2.1.1.1 การต่อวงจรของ CT ร่วมกับเครื่องวัดไฟฟ้า

สำหรับการต่อวงจรทั้งด้านปฐมภูมิ และทุติยภูมิของ CT ร่วมกับเครื่องวัดไฟฟ้าตามมาตรฐานการไฟฟ้านครหลวง จะแสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย ร่วมกับ CT



รูปที่ 2.5 อุปกรณ์จริงของการต่อวงจร CT ของเครื่องวัดฯ 3 เฟส 4 สาย

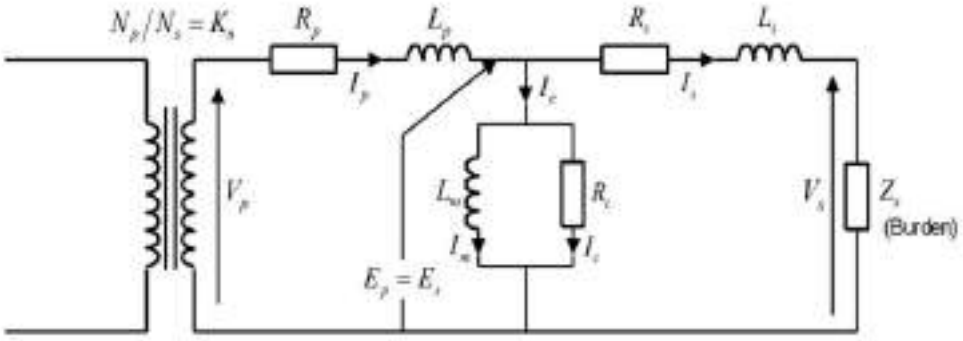
2.1.2 หม้อแปลงแรงดัน (Voltage Transformer: VT)

หม้อแปลงแรงดัน (VT) มีหน้าที่แปลงค่าแรงดันไฟฟ้าค่าสูงๆ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้าค่าต่ำๆ ให้เหมาะสมกับการต่อใช้งานกับมิเตอร์เพื่อการวัด รีเลย์ หรืออุปกรณ์อื่นๆ หม้อแปลงแรงดันทำงานในสภาวะคล้ายไม่มีโหลด ขดลวด Primary เป็นแบบพันหลายชั้น ด้วยขดลวดอาบน้ำยาอย่างดี ปลายขดลวดต่อเข้ากับซิลค์ โลหะ และทำฉนวนเป็นชั้นๆ ลดหลั่นลงไป เพื่อให้การกระจายของแรงดันสม่ำเสมอ ขดลวด Primary ต่อตรงกับแรงดันไฟฟ้าใช้งาน ส่วนทาง Secondary มีขดลวดสำหรับการวัด และขดลวดสำหรับการ Fault ลงดิน โดยต้องมีการแยกกันระหว่าง ส่วนที่เป็นแรงดันสูงกับ ส่วนที่เป็นแรงดันต่ำเพื่อความปลอดภัย โดยการใช้งานโหลด (Burden) ของหม้อแปลงแรงดันจะต้องมีค่าไม่เกินที่กำหนดไว้หม้อแปลงแรงดันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. Electromagnetic
2. Coupling Capacitor

รูปที่ 2.6 หม้อแปลงแรงดันขนาดแรงดัน 12kV, 24kV

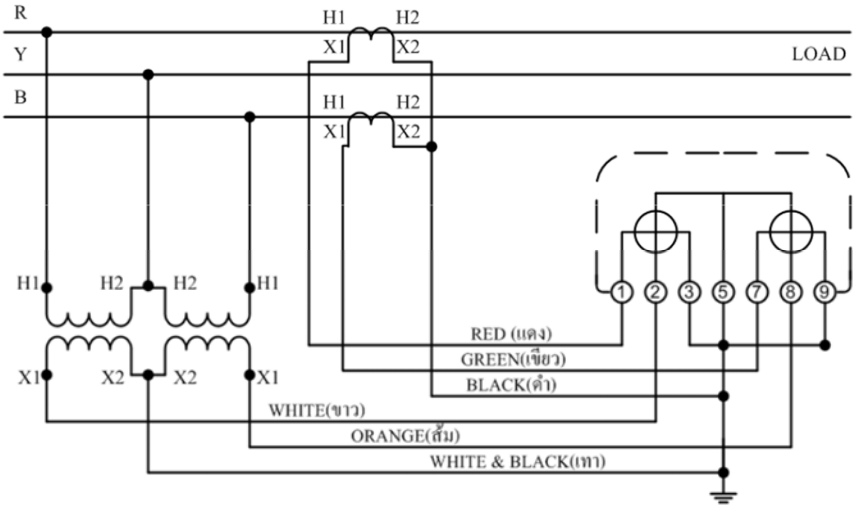
จากรูปที่ 2.6 เป็นรูปหม้อแปลงแรงดันขนาดแรงดัน 12kV, 24kV ประเภท Electromagnetic VT ที่ใช้งานในการไฟฟ้านครหลวง โดยอัตราส่วนของหม้อแปลงแรงดันนั้นสามารถพิจารณาได้จากค่า Rated Voltage ทางด้าน Primary (หรือค่า Rated Value หารด้วย $\sqrt{3}$) เทียบกับแรงดันทางด้าน Secondary ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นค่ามาตรฐาน คือ 100, 110 หรือ 120V (หรือเป็นค่าดังกล่าวข้างต้นหารด้วย $\sqrt{3}$)



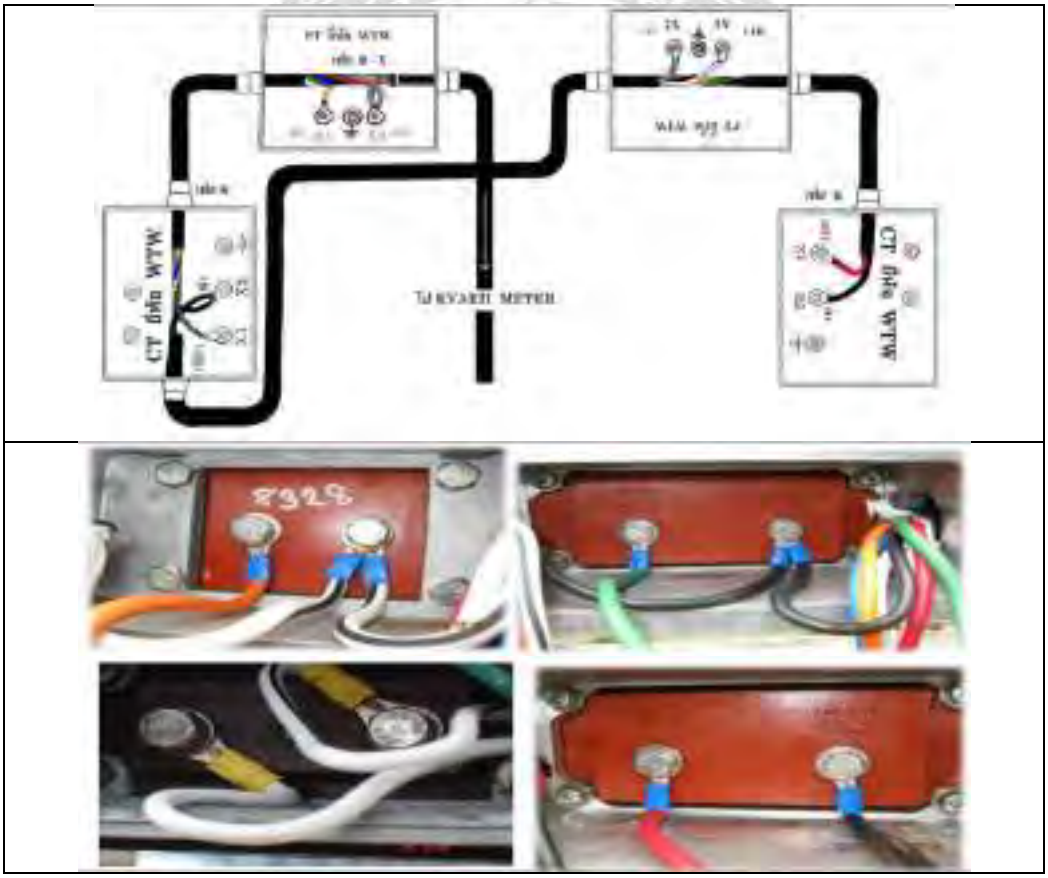
รูปที่ 2.7 วงจรสมมูลของหม้อแปลงแรงดันแบบ Electromagnetic

2.1.2.1 การต่อวงจรของ CT และ VT กับเครื่องวัดไฟฟ้า

สำหรับการต่อวงจรทั้งด้านปฐมภูมิและทุติยภูมิของ CT และ VT ร่วมกับเครื่องวัดไฟฟ้าตามมาตรฐานการไฟฟ้านครหลวง จะแสดงดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย ร่วมกับ CT และ VT



รูปที่ 2.9 อุปกรณ์จริงของการต่อวงจร CT และ VT ของเครื่องวัดไฟฟ้า 3 เฟส 3 สาย

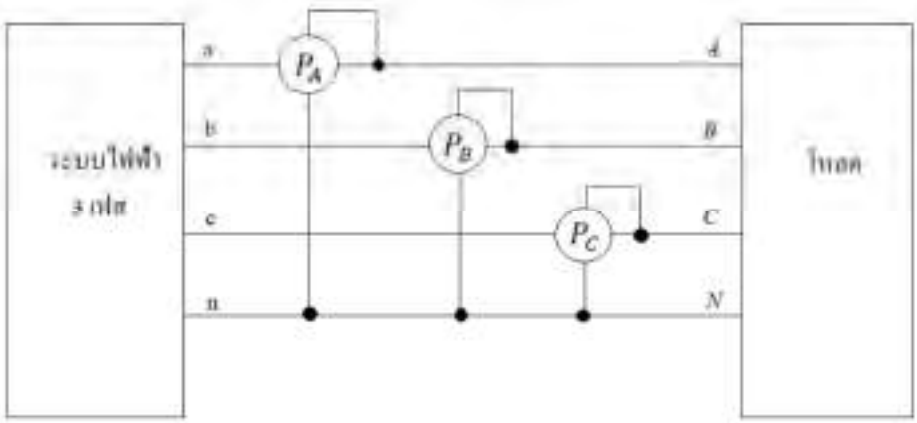
2.2 การวัดกำลังในระบบไฟฟ้า 3 เฟส (Power Measurement in Three - Phase System)

การวัดกำลังจริงของระบบ 3 เฟส มีหลักการง่ายๆว่า ทำการวัดกำลังจริงที่แหล่งจ่ายแรงดันแต่ละเฟสจ่ายไป แล้วนำค่าที่วัดได้ของทุกเฟสมารวมกัน ก็จะสามารถทราบกำลังจริงรวมที่โหลดทั้งหมดรับไป ซึ่งหลักการนี้เป็นจริงไม่ว่าระบบ 3 เฟสและโหลดจะได้ดุลหรือไม่ ไม่ขึ้นกับว่าจะเป็นการต่อโหลดแบบวายหรือแบบเดลตา และไม่ขึ้นกับว่าจะมีสายนิวทรัลต่อระหว่างระบบ 3 เฟสกับโหลดหรือไม่ เพียงแต่ว่าต้องจัดวิธีการวัดให้เหมาะกับระบบและโหลดที่ต่ออยู่เท่านั้น และในการพิจารณาต่อไปนี้จะถือว่าวัตต์มิเตอร์แต่ละตัวมีผลให้เกิดค่าผิดพลาดน้อยมากจนตัดทิ้งได้

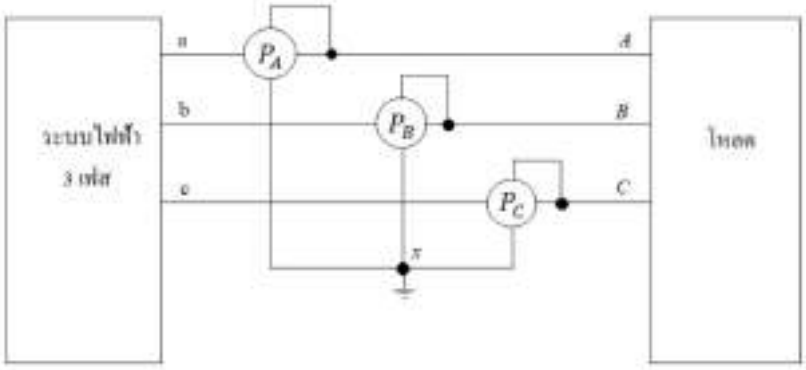
2.2.1 วิธีการวัดโดยใช้วัตต์มิเตอร์ 3 ตัว

วิธีแรกคือการต่อวัตต์มิเตอร์วัดกำลังของแต่ละเฟสในระบบที่มีสายนิวทรัลดังในรูปที่ 2.10 โดยให้กระแสของแต่ละเฟสไหลผ่านขดลวดกระแสของมิเตอร์แต่ละตัว และให้ขดลวดแรงดันของมิเตอร์ต่อขนานระหว่างสายเฟสที่มิเตอร์นั้นต่ออยู่กับนิวทรัล ซึ่งจะได้กำลังรวมของระบบเป็น

$$P = P_A + P_B + P_C \qquad (2.2)$$



รูปที่ 2.10 การวัดกำลังของระบบ 3 เฟสที่มีสายนิวทรัล



รูปที่ 2.11 การวัดกำลังของระบบ 3 เฟสโดยใช้จุดร่วมนอกระบบ

แต่ส่วนใหญ่ของการต่อโหลดเข้ากับระบบ 3 เฟสในทางปฏิบัตินั้นมักจะไม่ใช้สายนิวทรัล โหลด 3 เฟสมักจะมีขั้วต่อสายเพียง 3 เส้นสำหรับต่อรับกำลังจากแหล่งจ่ายแต่ละเฟสเท่านั้น วิธีการแก้ปัญหานี้คือให้ต่อวัตต์มิเตอร์เหมือนกับวิธีแรก แล้วใช้จุดร่วม (Common Point) อื่นแทนจุดนิวทรัล โดยจุดร่วมนี้อาจเป็นจุดใดๆ ในระบบหรืออาจเป็นจุดที่อยู่นอกระบบก็ได้ เพียงแต่ให้เป็นจุดร่วมของขดลวดแรงดันของมิเตอร์ทั้งสามดังที่แสดงในรูปที่ 2.11

ถ้าให้ $\theta_A, \theta_B, \theta_C$ เป็นมุมเฟสระหว่างแรงดันกับกระแสของโหลดแต่ละเฟส ค่ากำลังจริงรวมที่โหลดของวงจรในรูปข้างบนสมการเป็น

$$P = V_{Ax}\ I_{aA} \cos\theta_A + V_{Bx}\ I_{bB} \cos\ \theta_B + V_{Cx}\ I_{cC} \cos\ \theta_C \qquad (2.3)$$

ถ้าสมมติให้มีจุด N ของนิวทรัลอยู่ในระบบ ค่าแรงดันแต่ละตัวในสมการข้างบนนี้จะมีค่าเท่ากับแรงดันเฟสบวกกับแรงดันระหว่างจุดนิวทรัลกับจุดร่วม

$$\begin{aligned} P &= I_{aA}\,(V_{AN} + V_{Nx})\cos\theta_A + I_{bB}\,(V_{BN} + V_{Nx})\cos\theta_B \\ &\quad + I_{cC}\,(V_{CN} + V_{Nx})\cos\theta_C \\ &= V_{AN}\,I_{aA}\cos\theta_A + V_{BN}\,I_{bB}\cos\theta_B + V_{CN}\,I_{cC}\cos\theta_C \\ &\quad + V_{Nx}(I_{aA}\cos\theta_A + I_{bB}\cos\theta_B + I_{cC}\cos\theta_C) \end{aligned} \qquad (2.4)$$

จากกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่ว่ากระแสรวมของจุดต่อ (Node) ใดๆ ต้องเท่ากับศูนย์ และในระบบ 3 เฟสก็ถือได้ว่าโหลด 3 เฟสเป็นจุดต่อจุดหนึ่ง ดังนั้นพจน์สุดท้ายของสมการที่ 2.4 จึงเท่ากับศูนย์ ทำให้สมการเหลือเท่ากับ

$$\begin{aligned} P &= V_{AN}\,I_{aA}\cos\theta_A + V_{BN}\,I_{bB}\cos\theta_B + V_{CN}\,I_{cC}\cos\theta_C \\ &= P_A + P_B + P_C \end{aligned} \qquad (2.5)$$

2.2.2 วิธีการวัดโดยใช้วัตต์มิเตอร์ 2 ตัว

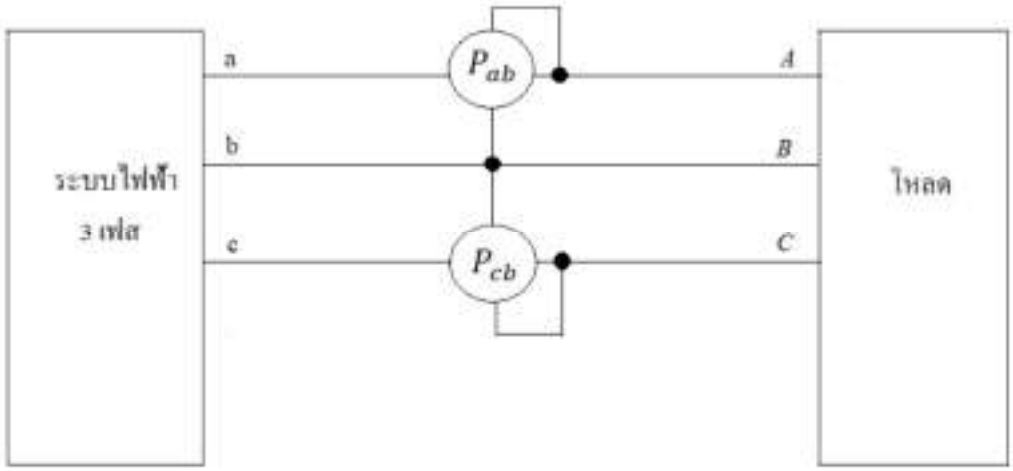
ถ้ากำหนดให้จุดร่วม *x* ในรูปที่ 2.11 ไปอยู่ที่สายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่ง ตัวอย่างเช่นกำหนดให้อยู่ที่สายเฟส b ดังที่แสดงอยู่ในรูปที่ 2.12

ผลที่เกิดขึ้นในวงจรรูปนี้ก็คือถ้ายังใส่มิเตอร์เข้าไปในสายเฟส b ก็จะวัดได้กำลังเป็นศูนย์ เพราะแรงดันที่ตกคร่อมขดลวดแรงดันของวัตต์มิเตอร์ในสายเฟสเส้นนี้เท่ากับศูนย์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องมีวัตต์มิเตอร์ในสายเฟสเส้นนี้ แต่ผลรวมของกำลังจริงจากวัตต์มิเตอร์ที่เหลืออีก 2 ตัว ก็ยังคงเท่ากับค่ากำลังจริงทั้งหมดที่โหลดได้รับ ซึ่งพิสูจน์ได้

$$
\begin{aligned}
P_{ab} + P_{cb} &= (I_{aA} \cdot V_{AB}) + (I_{cC} \cdot V_{CB}) \\
&= \{I_{aA} \cdot (V_{AN} - V_{BN})\} + \{I_{cC} \cdot (V_{CN} - V_{BN})\} \\
&= (I_{aA} \cdot V_{AN}) - (I_{aA} \cdot V_{BN}) + (I_{cC} \cdot V_{CN}) - (I_{cC} \cdot V_{BN}) \\
&= (I_{aA} \cdot V_{AN}) + (I_{cC} \cdot V_{CN}) + \{(-I_{aA} - I_{cC}) \cdot V_{BN}\}
\end{aligned}
$$

เนื่องจาก $I_{bB} = -I_{aA} - I_{cC}$ เพราะฉนั้นจึงได้

$$P_{ab} + P_{cb} = P_A + P_B + P_C = P \tag{2.6}$$



รูปที่ 2.12 การวัดกำลังจริงโดยกำหนดให้จุดร่วมอยู่บนสายเฟส b

ในทำนองเดียวกันก็สามารถย้ายจุดร่วม x ไปอยู่บนสายเฟสอื่นคือ สายเฟส a หรือ c แล้วใช้วัตต์มิเตอร์ทั้งสองไปวัดกำลังในเฟสที่เหลือซึ่งจะได้ผลเป็น

$$P = P_{ca} + P_{ba}$$

หรือ

$$P = P_{bc} + P_{ac} \tag{2.7}$$

และด้วยวิธีการเดียวกันนี้เมื่อเปลี่ยนไปใช้วาร์มิเตอร์แทน ก็สามารถวัดกำลังจินตภาพรวมได้ดังนี้

$$Q = Q_{ab} + Q_{cb}$$

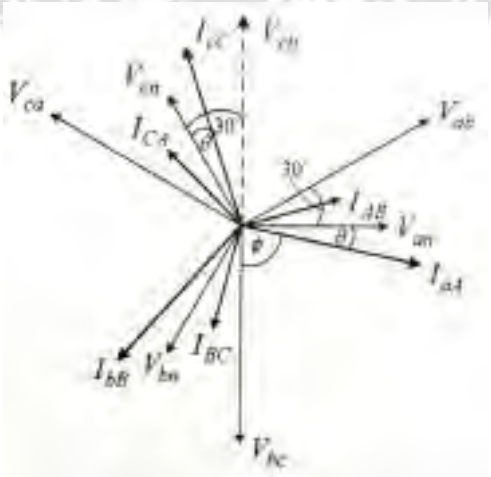
หรือ

$$Q = Q_{ca} + Q_{ba}$$

หรือ

$$Q = Q_{bc} + Q_{ac} \tag{2.8}$$

ถ้าใช้วิธีการนี้ในกรมีของระบบ 3 เฟสได้ดุลต่อกับโหลดได้ดุลก็จะหาค่ามุมของตัวประกอบกำลังได้ ซึ่งจะพิสูน์โดยใช้วงจรรูปที่ 2.12 ที่มีการต่อโหลดแบบเดลตา และให้โหลดแต่ละแขนของเดลตาเป็น $Z_p\angle\theta$ เมื่อกลับไปพิจารณาจากแผนภาพเฟสเซอร์ในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 เฟสเซอร์ของวงจรระบบ 3 เฟสได้ดุล กับโหลดได้ดุลแบบเดลตา

จะเห็นได้ว่า V_{ab} มีมุมเฟส 30^{O} และ I_{aA} มีมุมเฟสเท่ากับ $-\theta$ เมื่อเทียบกับ V_{an} ดังนั้น

$$P_{ab} = |V_{AB}||I_{aA}|cos(\angle V_{AB} - \angle I_{aA}) = V_I\ I_I\ cos(30^{O} + \theta) \quad (2.9)$$

ส่วน V_{cb} มีมุมเฟส 30^{O} และ I_{cC} มีมุมเฟตเป็น θ เมื่อเทียบกับ V_{cn} ซึ่งจะได้

$$P_{cb} = |V_{CB}||I_{cC}|cos(\angle V_{CB} - \angle I_{cC}) = V_I\ I_I\ cos(30^{O} - \theta) \quad (2.10)$$

หารสมการ (2.9) ด้วย (2.10)

$$\frac{P_{ab}}{P_{cb}} = \frac{cos(30^{O}+\theta)}{cos(30^{O}-\theta)} \quad (2.11)$$

เมื่อทำการกระจายฟังก์ชัน cos และจัดรูปสมการใหม่จะเขียนได้เป็น

$$tan\theta = \sqrt{3}\frac{P_{cb} - P_{ab}}{P_{cb} + P_{ab}} \quad (2.12)$$

จากสมการสุดท้ายนี้ทำให้สรุปค่ามุมของ θ ของตัวประกอบกำลังรวมได้ดังนี้

- ถ้าอ่านค่าการวัดของวัตต์มิเตอร์ทั้งสองได้เท่ากันและเครื่องหมายหมือนกัน ผลคือตัวประกอบกำลังเท่ากับ 1 เพราะ θ = 0
- ถ้าอ่านค่าการวัดของวัตต์มิเตอร์ทั้งสองได้เท่ากันแต่เครื่องหมายตรงกันข้าม ผลคือตัวประกอบกำลังเท่ากับ 0 เพราะ θ = 90^{O}
- สำหรับการเรียงลำดับเฟสเป็นแบบ ABC ถ้าอ่านค่า $P_{cb} > P_{ab}$ หมายถึงโหลดมีสภาพเป็นความเหนี่ยวนำ
- สำหรับการเรียงลำดับเฟสเป็นแบบ ABC ถ้าอ่านค่า $P_{cb} < P_{ab}$ หมายถึงโหลดมีสภาพเป็นความจุไฟฟ้า

ในการวัดที่จะได้เครื่องหมายตรงข้ามกันนั้น หมายถึงได้ต่อวัตต์มิเตอร์ทั้งสองเครื่องตามวิธีการที่ถูกต้องแล้ว และวัตต์มิเตอร์เครื่องหนึ่งเข็มเบนไปทางขวาตามปรกติซึ่งจะอ่านสเกลได้ แต่อีกเครื่องหนึ่งเข็มเบนกลับทิศทำให้อ่านค่าไม่ได้ เมื่อพบกรณีนี้ให้สลับขั้วสายที่ต่อเข้าขดลวดกระแสของวัตต์มิเตอร์ตัวที่เข็มเบนกลับทิศ ซึ่งจะทำให้อ่านค่าได้ แต่ให้ใส่เครื่องหมายของค่าที่อ่านได้เป็นลบ

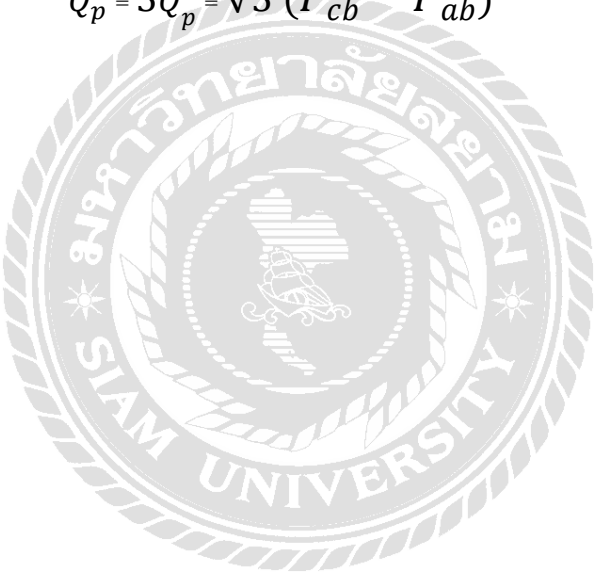
การวัดกำลังจินตภาพโดยใช้วัตต์มิเตอร์ 2 ตัว

กรณีระบบ 3 เฟสได้ดุลต่อกับโหลดได้ดุล สามารถใช้วัตต์มิเตอร์ 2 ตัว หาค่ากำลังจินตภาพรวมของระบบได้โดยต่อวงจรตามรูปที่ 2.12 แต่นำค่าที่อ่านได้มาหักลบกันดังนี้

$$P_{cb} - P_{ab} = V_I\, I_I \cos(30^O - \theta) - V_I\, I_I \cos(30^O + \theta)$$
$$= V_I\, I_I \sin\theta = \sqrt{3}\, V_p\, I_p \sin\theta = \sqrt{3} Q_p \qquad (2.13)$$

โดย Q_p หมายถึงกำลังจินตภาพในเฟสใดเฟสหนึ่ง เพราะฉะนั้นหาค่ากำลังจินตภาพทั้งหมดได้เท่ากับ

$$Q_p = 3Q_p = \sqrt{3}\,(P_{cb} - P_{ab}) \qquad (2.14)$$



2.3 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า

สำหรับเครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้ในการไฟฟ้านครหลวงจะสามารถแบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

2.3.1 เครื่องวัดไฟฟ้าประเภทดีมานด์

เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าสำหรับอัตราการคิดค่าไฟประเภท 3.1 โดยมีลักษณะและมีวิธีการอ่านโค้ดที่หน้าจอดัง รูปที่ 2.14

10) →Current Total kWh
20) →Current Maximum kW
30)→Current Cumulative kW
40) →Current Total kVARh
50) →Current Maximum kVAR
60) →Current Cumulative kVAR

รูปที่ 2.14 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท Demand

2.3.2 เครื่องวัดไฟฟ้าประเภท TOU (Time of Use Tariff)

เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าสำหรับอัตราการคิดค่าไฟประเภท 1.3, 2.2, 3.2, 4.2, 5.2, 6.2, 7.2 โดยมีลักษณะและมีวิธีการอ่านโค้ดที่หน้าจอดัง รูปที่ 2.15

10) →Current Total kWh
11) → Current On Peak kWh
12) →Current Off Peak kWh
20) →Previous Total kWh
21) →Previous On Peak kWh
22) →Previous Off Peak kWh
31) →Current On Peak Maximum kW
32) →Current Off Peak Maximum kW
41) →Current On Peak Cumulative kW
42) →Current Off Peak Cumulative kW
51) →Previous On Peak Cumulative kW
52) →Previous Off Peak Cumulative kW
60) →Current Total kVARh
61) →Previous Total kVARh
71) →Current On Peak Maximum kVAR
72) →Current Off Peak Maximum kVAR
81) →Current On Peak Cumulative kVAR
82) →Current Off Peak Cumulative kVAR
91) →Previous On Peak Cumulative kVAR
92) →Previous Off Peak Cumulative kVAR

รูปที่ 2.15 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท TOU

2.3.3 เครื่องวัดไฟฟ้าประเภท TOD (Time of Day Tariff)

เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าสำหรับอัตราการคิดค่าไฟฟ้าประเภท 4.1 โดยมีลักษณะและมีวิธีการอ่านโค้ดที่หน้าจอดัง รูปที่ 2.16

10) → Current Total kWh
20) → Previous Total kWh
31) → Current On Peak Maximum kW
32) → Current Partial Peak Maximum kW
33) → Current Off Peak Maximum kW
41) → Current On Peak Cumulative kW
42) → Current Partial Peak Cumulative kW
43) → Current Off Peak Cumulative kW
51) → Previous On Peak Cumulative kW
52) → Previous Partial Peak Cumulative kW
53) → Previous Off Peak Cumulative kW
60) → Current Total kVARh
61) → Previous Total kVARh
71) → Current On Peak Maximum kVARh
72) → Current Partial Peak MaximumkVAR
73) → Current Off Peak Maximum kVAR
81) → Current On Peak CumulativekVAR
82) → Current Partial Peak CumulativekVAR
83) → Current Off Peak CumulativekVAR
91) → Previous On Peak Cumulative kVAR
92) → Previous Partial Peak Cumulative kVAR
93) → Previous Off Peak Cumulative kVAR

รูปที่ 2.16 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท TOD

2.3.4 เครื่องวัดไฟฟ้าประเภท VSPP

เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ที่ติดตั้งแผงโซล่าร์เซลล์เพื่อจำหน่ายแก่การไฟฟ้านครหลวง มีลักษณะตามรูปที่ 2.17 และมีวิธีการอ่านโค้ดที่หน้าจอดัง ตารางที่ 2.1

รูปที่ 2.17 เครื่องวัดไฟฟ้าประเภท VSPP

ตารางที่ 2.1 Code ต่างๆ บนหน้าจอแสดงผลของเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท VSPP

Code	Description
888	Display Test (All Segments on)
001	Current Date
002	Current Time
10	Export kWh Total, Current
30	Export kWh Total, Billing
11	Max Demand, Export, Current
12	Cumulative Max Demand, Export, Billing
20	Import kWh Total, Current
40	Import kWh Total, Billing
21	Max Demand, Import, Current
22	Cumulative Max Demand, Import, Billing

2.4 อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้านครหลวง

สำหรับอัตราค่าไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงจะมีการเรียกเก็บอยู่ 3 ส่วน ได้แก่ ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh) ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (kW) ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (kVAR) โดยจะสามารถแบ่งอัตราค่าไฟได้เป็น 8 ประเภท ดังนี้

2.4.1 ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 1 จะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนย่อยได้ดังตารางที่ 2.2, 2.3, 2.4

ตารางที่ 2.2 ประเภท 1.1 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า		
15 หน่วย (kWh) แรก (หน่วยที่ 1- 15)	หน่วยละ	2.3488 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16- 25)	หน่วยละ	2.9882 บาท
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26- 35)	หน่วยละ	3.2405 บาท
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36- 100)	หน่วยละ	3.6237 บาท
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101- 150)	หน่วยละ	3.7171 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151- 400)	หน่วยละ	4.2218 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน)	8.19	

ตารางที่ 2.3 ประเภท 1.2 ปริมาณการใช้ไฟฟ้าเกินกว่า 150 หน่วยต่อเดือน

ค่าพลังงานไฟฟ้า		
150 หน่วย (kWh) แรก (หน่วยที่ 1- 150)	หน่วยละ	3.2484 บาท
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151- 400)	หน่วยละ	4.2218 บาท
เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	หน่วยละ	4.4217 บาท
ค่าบริการ (บาท/เดือน)	38.22	

ตารางที่ 2.4 ประเภท 1.3 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
1.3.1 แรงดัน 12 -24 kV	5.1135	2.6037	312.24
1.3.2 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	5.7982	2.6369	38.22

หมายเหตุ On Peak เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์

Off Peak เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ – วันศุกร์

เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ

วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

จากอัตราค่าไฟข้างต้น เป็นเฉพาะส่วนค่าไฟฟ้าฐาน ไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม และไม่รวมค่า F_t (ค่า F_tขายปลีก สำหรับเรียกเก็บจากผู้ใช้ไฟฟ้าในใบเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าประจำเดือนพฤษภาคม ถึงสิงหาคม 2565 เท่ากับ 24.77 สตางค์/หน่วย)

2.4.2 ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

เป็นประเภทสำหรับประกอบกิจการขนาดเล็ก ที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 30 kW อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 2 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยได้ดังตารางที่ 2.5, 2.6

ตารางที่ 2.5 ประเภท 2.1 อัตราปกติ

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1.1 แรงดัน 12 – 24 kV	3.9086	312.24
2.1.2 แรงดันต่ำกว่า 12 kV		46.16
- 150 หน่วย (kWh) แรก (หน่วยที่ 1- 150)	3.2484	
- 250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151- 400)	4.2218	
- เกินกว่า 400 หน่วย (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	4.4217	

ตารางที่ 2.6 ประเภท 2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	
2.2.1 แรงดัน 12 -24 kV	5.1135	2.6037	312.24
2.2.2 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	5.7982	2.6369	46.16

2.4.3 ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

เป็นประเภทสำหรับประกอบกิจการขนาดกลาง ที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่ 30 ถึง 999 kW และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 3 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อย ได้ดังตารางที่ 2.7, 2.8

ตารางที่ 2.7 ประเภท 3.1 อัตราปกติ

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
3.1.1 แรงดัน 69kV ขึ้นไป	175.70	3.1097	312.24
3.1.2 แรงดัน 12 -24 kV	196.26	3.1471	312.24
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	221.5	3.1751	312.24

ตารางที่ 2.8 ประเภท 3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
3.2.1แรงดัน 69kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
3.2.2 แรงดัน 12 -24 kV	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	210.0	0	4.3297	2.6369	312.24

คำจำกัดความ

ความต้องการพลังไฟฟ้า

ความต้องการพลังไฟฟ้าแต่ละเดือน คือ ความต้องการพลังไฟฟ้าเป็นกิโลวัตต์เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลา On Peakในรอบเดือนเศษของกิโลวัตต์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวัตต์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวัตต์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวัตต์

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด

ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้า ที่มีเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Lagging) ถ้าในรอบเดือนใด ผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟ เฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวาร์ เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟ เฉลี่ยใน 15 นาที ที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ในอัตรากิโลวาร์ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ให้ตัดทิ้งตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไป คิดเป็น 1 กิโลวาร์

2.4.4 ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

เป็นประเภทสำหรับประกอบกิจการขนาดกลาง ที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ตั้งแต่1000 kW ขึ้นไป และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยได้ดังตารางที่ 2.9, 2.10

ตารางที่ 2.9 ประเภท 4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน **(Time of Day Tariff :TOD Tariff)**

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Partial Peak	Off Peak	ทุกช่วงเวลา	
4.1.1 แรงดัน 69kV ขึ้นไป	224.3	29.91	0	3.1097	312.24
4.1.2 แรงดัน 12 -24 kV	285.05	58.88	0	3.1471	312.24
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	332.71	68.22	0	3.1751	312.24

หมายเหตุ On Peak เวลา 18.30 - 21.30 น. ของทุกวัน

Partial Peak เวลา 08.00 - 18.30 น. ของทุกวัน คิดค่าความต้องการพลังเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak

Off Peak เวลา 21.30 - 08.00 น. ของทุกวัน ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

ตารางที่ 2.10 ประเภท 4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
4.2.1 แรงดัน 69kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
4.2.2 แรงดัน 12 -24 kV	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	210.0	0	4.3297	2.6369	312.24

2.4.5 ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 5 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยได้ดังตารางที่ 2.11, 2.12

ตารางที่ 2.11 ประเภท 5.1 อัตราปกติ

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
5.1.1 แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	220.56	3.1097	312.24
5.1.2 แรงดัน 12 -24 kV	256.07	3.1471	312.24
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	276.64	3.1751	312.24

ตารางที่ 2.12 ประเภท 5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
5.2.1 แรงดัน 69 kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
5.2.2 แรงดัน 12 -24 kV	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	210.0	0	4.3297	2.6369	312.24

2.4.6 ประเภทที่ 6 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการ โดยไม่คิดค่าตอบแทน อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยได้ดังตารางที่ 2.13, 2.14

ตารางที่ 2.13 ประเภท 6.1 อัตราปกติ

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
6.1.1 แรงดัน 69kV ขึ้นไป	3.4149	312.24
6.1.2 แรงดัน 12 -24 kV	3.5849	312.24
6.1.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV		20
- 10 หน่วย (kWh) แรก(หน่วยที่ 1- 10)	2.8013	
- เกินกว่า 10 หน่วย	3.8919	

ตารางที่ 2.14 ประเภท 6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
6.2.1 แรงดัน 69kV ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
6.2.2 แรงดัน 12 -24 kV	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
6.2.3 แรงดันต่ำกว่า 12 kV	210.0	0	4.3297	2.6369	312.24

2.4.7 ประเภทที่ 7 กิจการสูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กลุ่มเกษตรกรที่ทางราชการรับรอง หรือสหกรณ์เพื่อการเกษตร อัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 7 จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนย่อยได้ดังตารางที่ 2.15, 2.16

ตารางที่ 2.15 ประเภท 7.1 อัตราปกติ

	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
100 หน่วย (kWh) แรก(หน่วยที่ 1- 100)	2.0889
เกินกว่า 100 หน่วย(หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	3.2405
ค่าบริการ(บาท/เดือน)	115.16

ตารางที่ 2.16 ประเภท 7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ **(Time of Use Tariff :TOU Tariff)**

	ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
7.2.1 แรงดัน 12 -24 kV	132.93	0	4.1839	2.6037	228.17
7.2.2 แรงดัน ต่ำกว่า 12 kV	210.0	0	4.3297	2.6369	228.17

2.4.8 ผู้ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว

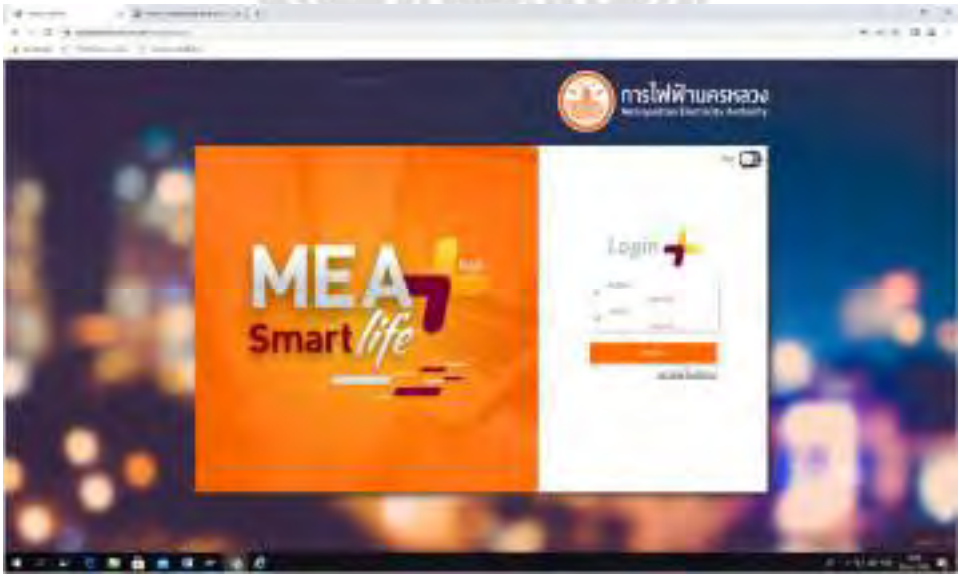
สำหรับการใช้ไฟฟ้าชั่วคราว เพื่อใช้ในการก่อสร้างอาคารทั่วไปหรือสิ่งปลูกสร้าง การจัดงานขึ้นเป็นกรณีพิเศษชั่วคราว หรือการใช้ในกรณีต่างๆ เป็นการชั่วคราว มีอัตราค่าไฟฟ้าตามตารางที่ 2.17

ตารางที่ 2.17 ประเภทที่ 8.1 อัตรารายเดือน

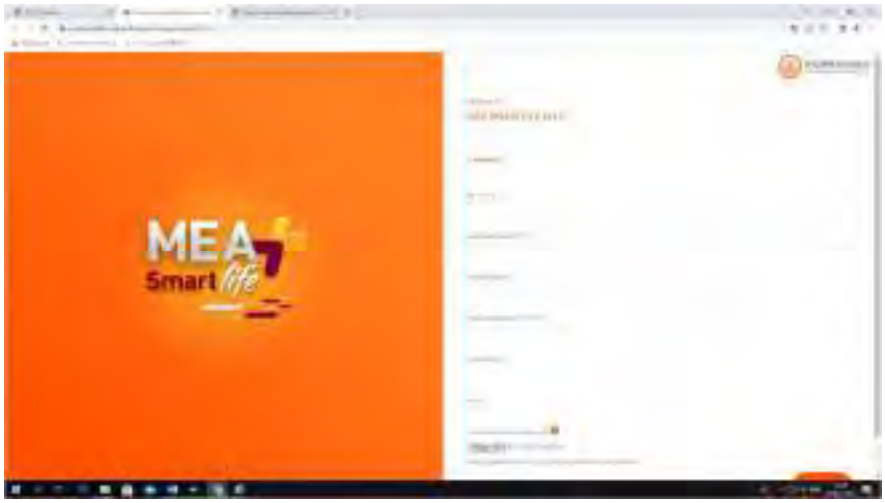
	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)
ค่าพลังงานไฟฟ้า (ทุกระดับแรงดัน)	6.8025

2.5 เว็บไซต์ Measmartlife

สำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าแบบ Automatic Meter Reading (AMR) จะสามารถเรียกดูข้อมูลของการใช้ไฟฟ้าผ่านระบบออนไลท์ได้ โดยการลงทะเบียนผ่านทาง https//measmartlife.mea.or.th/measl/slplus/ หรือลงทะเบียนด้วยตัวเองได้ที่การไฟฟ้านครหลวงตามเขตที่ให้บริการ โดยเตรียมข้อมูลส่วนตัวในการลงทะเบียนได้แก่ หมายเลขบัตรประชาชน , หมายเลขโทรศัพท์ และ Email



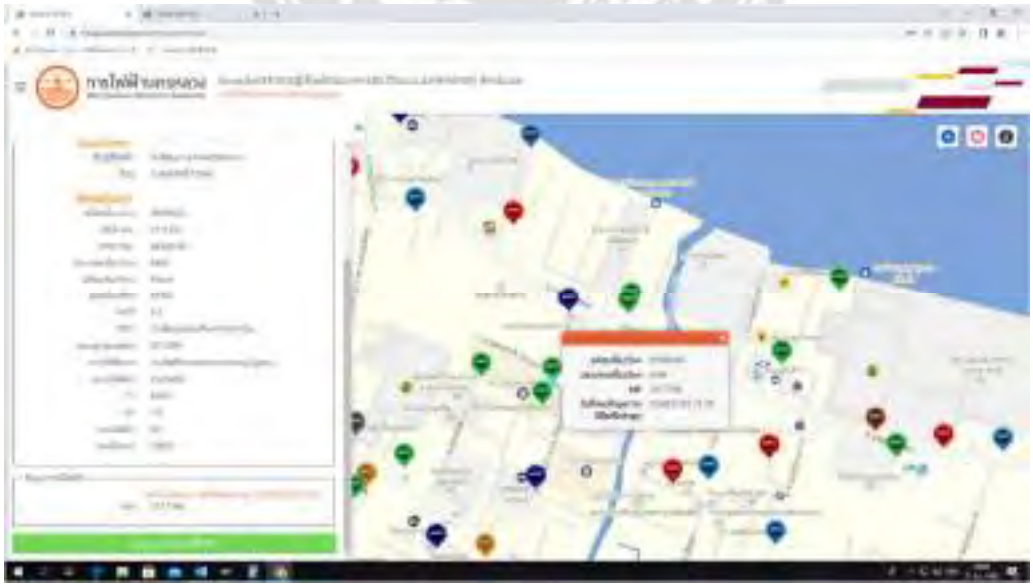
รูปที่ 2.18 หน้าเว็บไซต์ Measmartlife



รูปที่ 2.19 หน้าลงทะเบียนขอเข้าใช้งาน Measmartlife

เข้าเว็บไซต์ https//measmartlife.mea.or.th จะปรากฏหน้าจอดังรูปที่ 2.18 เริ่มต้นคลิกที่ลงทะเบียน จากนั้นระบบจะให้กรอกข้อมูลส่วนตัวดังรูปที่ 2.19 เมื่อกรอกข้อมูลครบถ้วนแล้วระบบจะใช้เวลาในการตรวจสอบความถูกต้อง แล้วส่งไอดีและพาสเวิร์ดให้ทาง Email ที่ทางผู้ใช้ไฟฟ้าให้ไว้ภายใน 24 ชั่วโมง

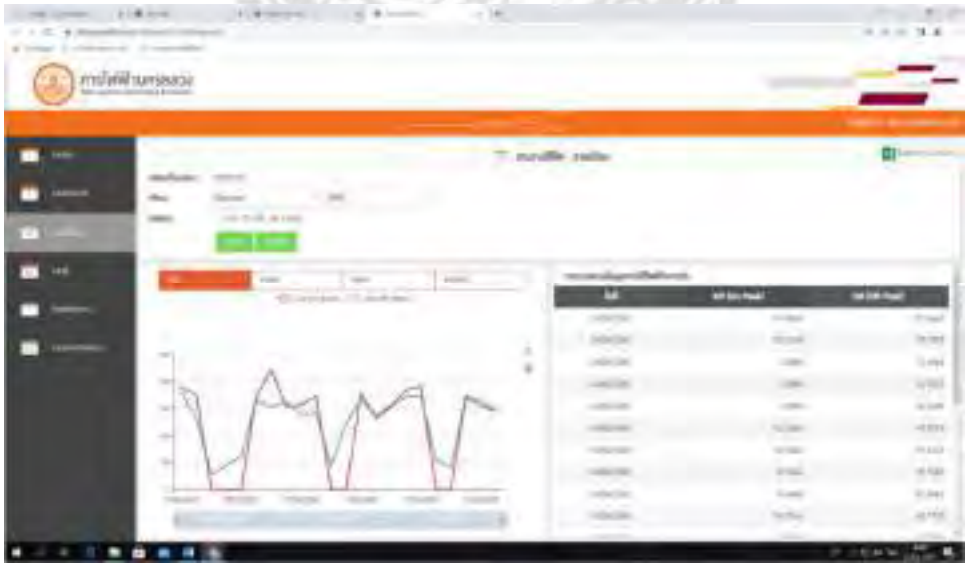
เมื่อล็อคอินเข้าใช้งานได้แล้วเว็บไซต์จะแสดงตำแหน่งที่ตั้ง และรายละเอียดของเครื่องวัดไฟฟ้าที่ผู้ใช้ไฟฟ้าได้ลงทะเบียนไว้ ดังแสดงในรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 หน้าต่างแสดงรายละเอียดของผู้ใช้ไฟฟ้าและเครื่องวัดไฟฟ้า

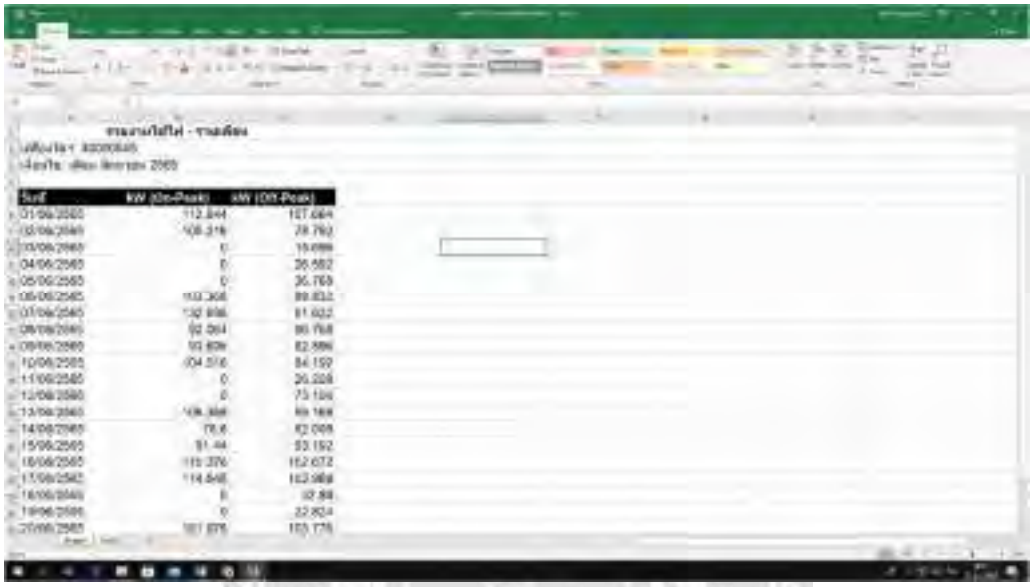
ขั้นตอนต่อไปให้คลิกที่ “แสดงรายงานการใช้ไฟฟ้า” ที่แถบสีเขียวด้านล้างซ้าย ก็จะเป็นการเข้าสู่หน้าต่างดังรูปที่ 2.21 ในส่วนนี้จะมีข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องนั้นๆ ตั้งแต่เริ่มติดตั้งจนถึงปัจจุบัน โดยจะสามารถเลือกช่วงเวลา และชนิดของพลังงานไฟฟ้าที่ต้องการทราบได้ ซึ่งข้อมูลที่แสดง จะเป็นกราฟเส้นดังและตารางข้อมูลแสดงดังรูปที่ 2.22

รูปที่ 2.21 การเลือกระยะเวลาที่ต้องการแสดงผลการใช้พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างการแสดงค่าการใช้กำลังไฟฟ้าจริงของเดือนมิถุนายน2565

จากรูปที่ 2.18 ผู้ใช้ไฟฟ้าจะสามารถเลือกดูพลังงานไฟฟ้าได้ 4 ประเภท ได้แก่ kW, kWh, kVAR และ kVARh โดยคลิกเลือกได้ที่แถบสี่เหลี่ยมเหนือกราฟ และสามารถบันทึกข้อมูลออกมาใช้งานได้ที่ Export to Excel ตำแหน่งบนขวาของจอ ลักษณะข้อมูลที่บันทึกออกมาจะมีรูปแบบเป็นตารางข้อมูลดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 การ Export ข้อมูลจากเว็บไซต์ในรูปแบบ Excel

ผู้ใช้ไฟฟ้าสามาถที่จะนำข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์ เพื่อเพิ่มประสิทธิ์ภาพในการบริหารจัดการพลังงานของหน่อยงานหรือที่อยู่อาศัยของท่าน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด

2.6 การตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้า

เป็นการตรวจสอบหลังจากงานติดตั้งหรือเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องวัดฯ และต้องดำเนินการไม่เกิน 1 เดือนหลังจากมีการติดตั้งหรือเปลี่ยนเครื่องวัดฯ ซึ่งเป็นกระบวนการควบคุมคุณภาพเพื่อให้การเรียกเก็บค่าไฟฟ้าจากผู้ใช้ไฟฟ้า เป็นไปอย่างถูกต้องและเที่ยงตรง

การตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดไฟฟ้าจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่

2.6.1 ตรวจสอบการต่อสายด้วยสายตา

เริ่มแรกผู้ตรวจสอบสามารถพิจารณาความถูกต้องของการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าด้วยวิธีอย่างง่ายคือ การมองด้วยสายตา โดยการดูที่จุดเชื่อมต่อ ระหว่างสายเมน กฟน. กับสายเมนของผู้ใช้ไฟฟ้า รวมถึงทิศทางการจัดวาง CT หรือ VT ว่าสลับทิศทางหรือไม่ ซึ่งจะพิจารณาตำแหน่งติดตั้งตามรูปที่ 2.24

รูปที่ 2.24 การต่อสายเมนกับ CT และ VT

2.6.2 ตรวจสอบที่หม้อแปลงเครื่องมือวัด

การตรวจสอบหม้อแปลงเครื่องมือวัด สำหรับ CT จะพิจารณาความสอดคล้องกันระหว่างค่ากระแสไฟฟ้าที่ด้าน Primary กับด้าน Secondary ว่าตรงตามอัตราส่วนที่ระบุไว้หรือไม่ เช่น CT ขนาด 200/5 กรณีที่ใช้โหลดเต็มพิกัด จะต้องมีกระแสไฟฟ้าด้าน Primary จากการวัดสายเมน ได้ 200 แอมป์ และวัดสายควบคุม(สายสีแดง เขียว น้ำเงิน) หน้าเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้าน Secondary จะต้องได้ 5 แอมป์ และในกรณี VT ที่ใช้กับเครื่องวัดไฟฟ้าพิกัดแรงดัน ตั้งแต่ 12 กิโลโวลต์ขึ้นไป เช่น 12kV/120V หรือ 24kV/120V จะวัดแรงดันที่สายควบคุม (สายสีขาว ส้ม เทา ดำ)ด้าน Secondary ซึ่งจะต้องมีค่า 120 โวลต์ ตามมาตรฐานของ กฟน.

ซึ่งเครื่องมือสำหรับการวัดหาค่าดังกล่าวที่มีใช้ใน กฟน. จะใช้กันอยู่ 2 อย่าง หลักๆ ได้แก่ ชุด Wireless Current Meter ใช้วัดกระแสไฟฟ้าที่สายเมน และ Clamp on Power Meter ใช้วัดหาค่า กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ที่สายควบคุมหน้าเครื่องวัดไฟฟ้า ดังแสดงในรูปที่ 2.25, 2.26 และ 2.27

รูปที่ 2.25 Wireless Current Meter

รูปที่ 2.26 ด้ามต่อ Radio Transmitter

รูปที่ 2.27 Clamp on Power Meter

2.6.3 การคำนวณค่าทางไฟฟ้าของเครื่องวัดไฟฟ้า

ในส่วนนี้จะเป็นการใช้ค่าทางไฟฟ้าที่วัดได้จาก Clamp on Power Meter มายังค่ากำลังไฟฟ้า และค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์รวมของทั้ง 3 เฟส เพื่อพิจารณาลักษณะความสัมพันธ์ของแรงดันกับกระแสในแต่ละเฟส ว่าสอดคล้องกับทฤษฎีระบบไฟฟ้า 3 เฟส หรือไม่ ซึ่งมีสูตรการคำนวนที่เกี่ยวข้องดังนี้

$$P = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \cos\theta \quad (2.15)$$

$$Q = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \times \sin\theta \quad (2.16)$$

$$S = \sqrt{3} \times V_L \times I_L \quad (2.17)$$

$$\theta = \tanh^{-1}\frac{Q}{P} \quad (2.18)$$

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad (2.19)$$

$$PF = \frac{P}{S} \quad \text{หรือ} \quad \cos\theta \quad (2.20)$$

P	=	*กำลังไฟฟ้าจริง*	*หน่วย วัตต์*(W)
Q	=	กำลังไฟฟ้าจินตภาพ	*หน่วย วาร์*(VAR)
S	=	กำลังไฟฟ้าปรากฏ	*หน่วย โวลต์-แอมป์*(VA)
PF	=	ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	
θ	=	มุมระหว่างการะแสกับแรงดัน	

เนื่องจากค่าที่วัดได้จาก Clamp on Power Meter จะเป็นค่าที่วัดจากสายควบคุมที่ต่อจากขดลวดด้าน Secondary ซึ่งไม่ใช่ค่าจริง ฉะนั้นจำเป็นจะต้องนำค่าที่วัดได้ไปคูณค่า Ratio ตามขนาดของหม้อแปลงเครื่องมือวัด นั้นๆ เช่น CT 200/5 มี Ratio เท่ากับ 40 และ CT 400/5 มี Ratio เท่ากับ 80 หรือ VT 12kV/120 มี Ratio เท่ากับ 100 และ VT 24kV/120 มี Ratio เท่ากับ 200

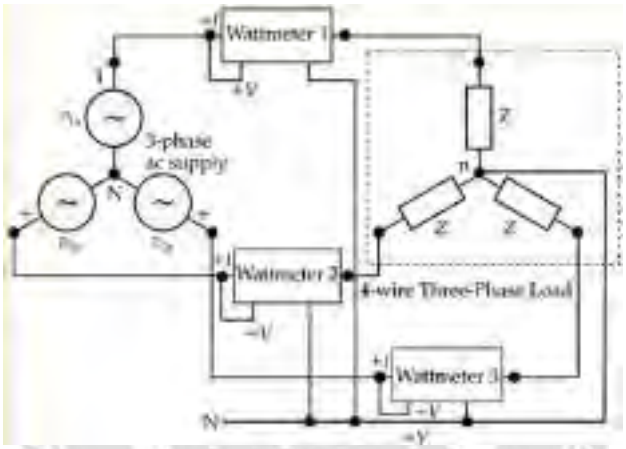
$$P_T = (P_1 + P_2 + P_3) \times \text{CT(Ratio)} \quad (2.21)$$

$$Q_T = (Q_1 + Q_2 + Q_3) \times \text{CT(Ratio)} \quad (2.22)$$

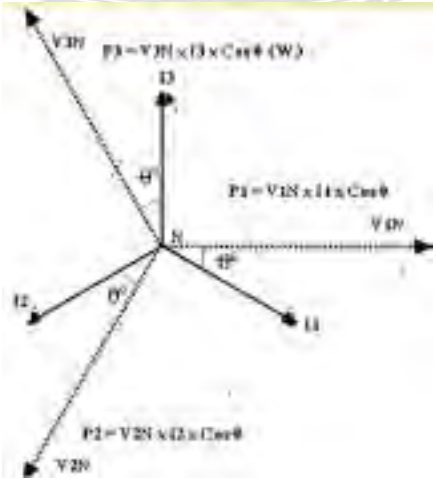
$$S_T = \sqrt{P_T^2 + Q_T^2} \quad (2.23)$$

2.6.4 การวิเคราะห์ Phasor Diagram

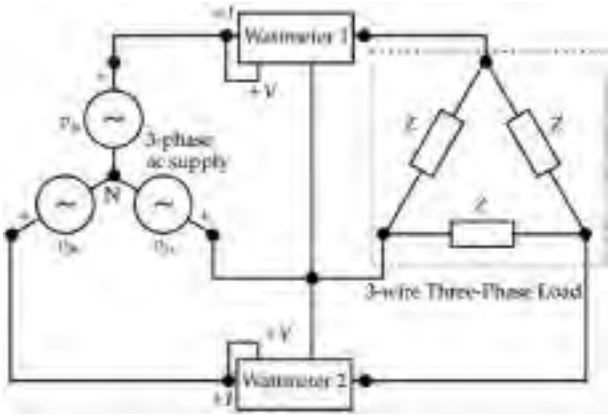
การตรวจสอบการต่อสายเครื่องวัดฯ ด้วยสายตายังสรุปไม่ได้ว่าการต่อสายของเครื่องวัดฯ ถูกต้อง ดังนั้นผู้ตรวจสอบจะต้องวิเคราะห์ Phasor Diagram ควบคู่ไปด้วย เพราะยังมีส่วนที่สายตาไม่สามารถมองเห็นได้เช่นใน กล่องต่อสายควบคุมของ CT,VT หรือกรณีมีการตัด/ต่อเพื่อดัดแปลงสายเมนที่ซ่อนอยู่ โดยผู้ตรวจสอบจะสามารถเขียน Phasor Diagram ได้จากค่าที่อ่านได้จาก Clamp On Power Meter



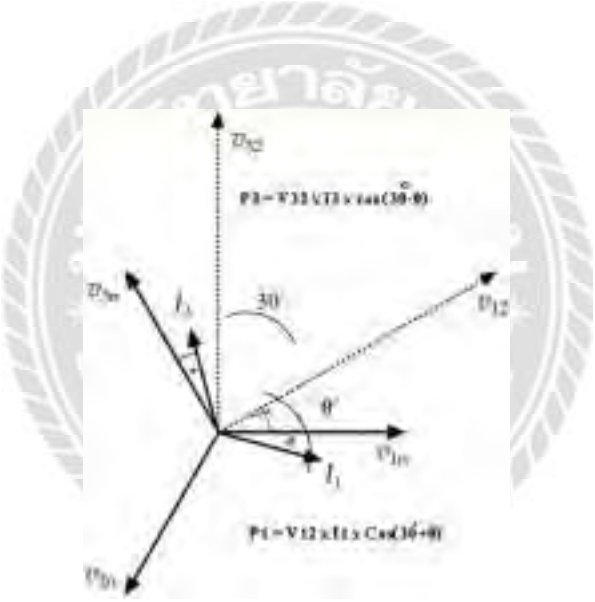
รูปที่ 2.28 การต่อวงจรวัดค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 3 เฟส 4 สาย



รูปที่ 2.29 Phasor Diagram ของโหลด 3 เฟส 4 สาย



รูปที่ 2.30 การต่อวงจรวัดค่ากำลังไฟฟ้าของโหลด 3 เฟส 3 สาย



รูปที่ 2.31 Phasor Diagram ของโหลด 3 เฟส 3 สาย

2.6.5 การทดสอบหาค่าหน่วยต่อรอบของเครื่องวัดไฟฟ้า

ในการทดสอบหน่วยต่อรอบการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า สิ่งที่ต้องทราบ ก็คือ เวลา(หน่วยเป็นวินาที) ที่จานหมุนหรือสัญลักษณ์แสดงเสมือนกระพริบ ครบ 1 รอบ ค่ากำลังไฟฟ้าจริง ณ ขณะที่ทดสอบ และค่าคงที่ของตัวเครื่องวัดไฟฟ้า (Constant) ดังแสดงในรูปที่ 2.32

รูปที่ 2.32 ค่า Constant ของเครื่องวัดฯ รุ่น EDMI Mk10A

จากรูปที่ 2.32 คือข้อมูลที่แสดงให้ทราบว่าเครื่องวัดไฟฟ้า มีการจับค่าพลังงานการใช้ไฟฟ้าที่ 100 Impulse/kWh ฉะนั้น 1 Impulse จะเท่ากับ 0.01 kWh โดยผู้ตรวจสอบจะจับเวลาการกระพริบที่หลอดไฟ LED เช่น ถ้าเริ่มจับเวลาขณะที่หลอดดับก็จะจับเวลาในรอบช่วง “ดับ ติด ดับ” เวลาที่จับได้จะเป็นเวลาในช่วงการทำงาน 1 Impulse/kWh

สูตรที่ใช้คำนวณรอบเครื่องวัดไฟฟ้า

$$kWh/Imp = \frac{kw_{\text{รวม}} \text{ x } Impulse1_{\text{รอบ}}}{3600} \qquad (2.24)$$

บทที่ 3
รายละเอียดการปฏิบัติงาน

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

รูปที่ 3.1 สัญลักษณ์ของการไฟฟ้านครหลวง

ชื่อสถานประกอบการ : การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ
ที่ตั้ง : เลขที่ 21 ถนน ราษฎร์บูรณะ แขวง ราษฎร์บูรณะ เขต ราษฎร์บูรณะ กทม. 10140
โทรศัพท์ : 0-2877-5200
โทรสาร : 0-2877-5291
CALL CENTER : 1130
Email : webmaster@mea.or.th
Website : https://www.mea.or.th/

รูปที่ 3.2 แผนที่ตั้งของการไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ

รูปที่ 3.3 การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ

3.2 ประวัติความเป็นมา

ไฟฟ้าในเมืองไทยเริ่มครั้งแรกเมื่อจอมพลและมหาอำมาตย์เอกเจ้าพระยาสุรศักดิ์มนตรี (เจิม แสง-ชูโต) ครั้งยังเป็นหมื่นไวยวรนาถ เป็นอุปทูตได้เดินทางไปยุโรปกับเจ้าพระยาภาสกรวงศ์ และได้เห็นกรุงปารีส (Paris) ประเทศฝรั่งเศสสว่างไสวไปด้วยไฟฟ้า เมื่อกลับมาเมืองไทย จึงนึกถึงเมืองไทยน่าจะมีไฟฟ้าใช้แบบเดียวกับอารยประเทศ และการที่จะทำให้สำเร็จได้คงต้องเริ่มภายในพระบรมมหาราชวังและบ้านเจ้านายก่อน จึงได้นำความขึ้นกราบบังคมทูลพระบาท สมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว แต่มีพระราชดำรัสว่า “ไฟฟ้า หลังคาตัด ข้าไม่เชื่อ" เมื่อเป็นเช่นนี้ หมื่นไวยวรนาถตระหนักว่าก่อนที่จะเริ่มดำเนินการ จำเป็นต้องหาวิธีจูงใจให้ผู้ที่ไม่เคยเห็นเคยใช้ไฟฟ้าเกิดความนิยมขึ้นมาก่อนจึงนำความไปกราบบังคมทูล สมเด็จพระนางเจ้าฯ พระบรมราชเทวี ให้ทรงรับซื้อที่ดินซึ่งได้รับมรดกจากบิดา ณ ตำบลวัดละมุด บางอ้อ ได้เป็นเงิน 180 ชั่ง หรือ 14,400 บาทปรากฏว่าเป็นผลสำเร็จ แล้วให้นายมาโยลา ชาวอิตาเลียน ที่มารับราชการเป็นครูฝึกทหารเดินทางไปซื้อเครื่องจักรและเครื่องไฟฟ้าที่ประเทศอังกฤษ เมื่อ พ.ศ. 2427 โดยให้ซื้อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามาสองเครื่อง เพื่อจะได้ผลัดเปลี่ยนกันได้ และซื้อสายเคเบิลสำหรับฝังสายใต้ดินจากโรงทหารหน้า (ปัจจุบัน คือ กระทรวงกลาโหม) ไปจนถึงพระบรมมหาราชวัง และ จัดซื้อโคมไฟชนิดต่างๆ รวมทั้งหลอดไฟสำหรับใช้กับโคมกิ่งระย้าในพระที่นั่งจักรีมหาปราสาทและ ในท้องพระโรง โดยเดินเครื่องปล่อยกระแสไฟฟ้าเป็นครั้งแรก เมื่อวันที่ 20 กันยายน พ.ศ. 2427 ซึ่งเป็นวันคล้ายวันพระราชสมภพของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ต่อมาเมื่อปรากฏว่าไฟฟ้าเป็นที่นิยมกันแพร่หลายทั้งในราชสำนัก วังเจ้านาย และชาวบ้านผู้มีอันจะกิน พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว จึงพระราชทานเงินที่ใช้จ่ายในการติดตั้งไฟฟ้าคืนให้หมื่นไวยวรนาถจึงวางแผนที่จะสร้าง

โรงไฟฟ้าขนาดใหญ่ เพื่อให้ประชาชนในกรุงเทพฯได้ใช้ไฟฟ้า แต่เกิดมีราชการสงครามต้องไปปราบฮ่ออยู่เป็นเวลานานเรื่องเลยระงับไว้ อย่างไรก็ตาม นอกจากจะใช้ไฟฟ้าเพื่อแสงสว่างแล้ว ยังมีการนำไปใช้กับด้านพลังงานด้วย นั่นคือ มีการจัดตั้งบริษัทรถรางขึ้น เพื่อช่วยให้การสัญจรในกรุงเทพฯ และหัวเมืองบางแห่งเป็นไปอย่างสะดวก ถึงแม้ราคาค่าไฟที่หลวงใช้ถูกกว่าชาวบ้านก็จริง แต่การใช้ไฟฟ้าในสมัยรัชกาลที่ 5 ก็ต้องประหยัด ตามถนนบางสายก็ไม่มีไฟฟ้าเพราะปรากฏว่าไม่ค่อยมีคนสัญจร บางสายต้องติดห่างๆ กัน เพราะภาษีบำรุงท้องที่ในสมัยนั้นยังไม่มีเรื่องการติดตั้งไฟฟ้าตามถนนนี้

พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ได้ทรงพิถีพิถันเอาพระทัยใส่อยู่เป็นอันมาก เพราะพระองค์ทรงรู้ว่าไฟฟ้าเป็นของใหม่ คนไทยเรายังไม่ค่อยเข้าใจ ปิดเปิดสวิตช์ก็ยังไม่เป็นบางที่เปิดไฟทิ้งไว้ตลอดคืนก็มี ทำให้หมดเปลืองพระราชทรัพย์ไปโดยเปล่าประโยชน์ การติดไฟตามถนนจึงต้องรู้ว่าถนนใดคนเดินมากเดินน้อย

เรื่องเกี่ยวกับไฟฟ้านี้ ทรงมีพระราชหัตถเลขาถึงเจ้าพระยาวรพงศ์พิพัฒน์ ครั้งยังเป็น หมื่นเสมอใจ ฉบับแรก ได้ตรัสถึงการติดไฟฟ้ามีข้อความตอนหนึ่งว่า "ไฟฟ้าควรจะมีแต่ เพียงตะพานเทเวศร์ ไปตะพานกิมเซ่งหลี ถนนตะวันไปถึงถนนเบญจมาศ ถนนตวงเดือนนอก ถนนดาวข่าง ส่วนถนนคอเสื้อแลปลายพฤฒินาศ ถ้ามีก็ได้ แต่จะต้องรอดูสักหน่อยก่อน พอให้มีเค้าคนเดิน เพราะเหตุที่ถนนหน้าวัดโสมนัสไม่มีไฟฟ้ารอไว้ตั้งแต่ครึ่งปีก็ได้" พระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ทรงกล่าวถึงค่าไฟฟ้าและการใช้ไฟฟ้า "เรื่องไฟฟ้านั้นจะต้องวินิจฉัยต่อภายหลังเวลานี้ทำอะไรไม่เปลือง แต่เกิดมา เป็นคนไทยไม่รู้จักเปิด รู้จักปิด จะไปเล่นกับไฟฟ้าคิดเป็นยูนิตมันก็ฉิบหายอย่างเดียวเท่านั้น ข้อซึ่งได้กล่าวว่า จัดคนไว้ให้คอยเปิดคอยปิดอะไรเปล่าทั้งนั้น สั่งมันๆ ก็รับแต่ว่ามันไม่ได้ทำ ไฟติดอยู่วันยันค่ำ ถนนรนแคมแดงโร่อยู่เสมอ ร้ายไปกว่าที่จุดตามเรือน ซึ่งคงไม่ปิดเหมือนกันสักแห่งเดียว เพราะไม่มีเครื่องที่จะแบ่งปิดได้ ปิดก็ต้องปิด ทั้งหมด ถ้าจะให้เจ้าของเรือนทั้งปวงรู้สึกเสียดาย แล้วจะจ่ายเป็นเงินพระราชทานเสีย ค่าไฟฟ้าเสียวันละเท่านั้นๆ แล้วแต่จะใช้มาก ใช้น้อยกันเป็นเรือนดีกว่าเหลือเงินไป มากน้อยเท่าใด เจ้าของอยากจุดก็ให้เสียเงินเอง เจ้าตั้งบิลไปเรียกเอา แต่ข้อสำคัญ จะต้องติดที่ดับไว้ให้เขาผ่อนใช้ได้ มากบ้างน้อยบ้างตามสมควร แต่ส่วนถนนแลพลับพลานั้นจะต้องกำหนดว่าจุด 12 ชั่วโมง เท่าไหร่ยูนิต ถ้าคิดราคามันเกิน 12 ชั่วโมง เท่าใดต้องให้ใช้เจ้า ถ้าหากว่าเป็นเช่นนี้ไฟจึงจะดับได้ ความฉิบหายเรื่องไม่ดับไฟนี้ สุขาภิบาลทั้ง 2 กรม เห็นจะทำให้เงินแผ่นดินเสียเปล่ามากโดยไม่เอื้อเฟื้อ"

ค่าไฟฟ้าสำหรับใช้ตามถนนและในพระราชวังในสมัยนั้น คงจะสิ้นพระราชทรัพย์ปีหนึ่งๆ ไม่ใช่น้อย ยิ่งเมื่อสร้างสวนดุสิต คือ พระราชวังดุสิตกับพระที่นั่งอนันตสมาคม ตลอดจนโครงการ

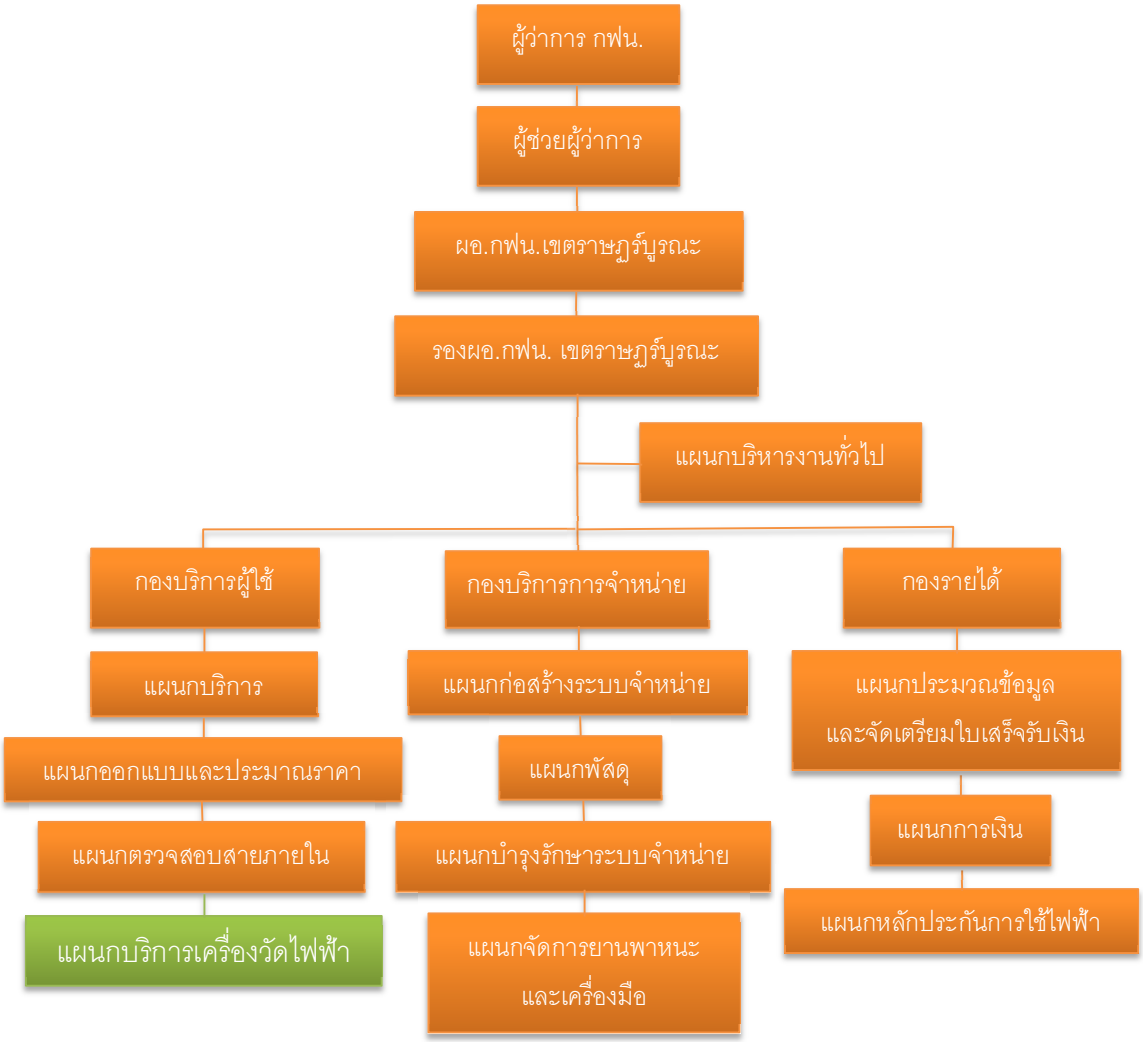
ประปา ความจำเป็นที่ต้องใช้ไฟฟ้าก็ทวีมากขึ้นอีกหลายเท่า แต่จะไปซื้อไฟฟ้าอีกบริษัทหนึ่งก็ไม่ไหวและทางบริษัทเองก็ไม่สามารถบริการได้ ทางกระทรวงนครบาลจึงได้กราบบังคมทูล ซึ่งในที่สุดก็ได้รับพระบรมราชานุญาตให้จัดทำไฟฟ้าขึ้น องค์กรที่ดำเนินกิจการไฟฟ้าในระยะแรกมี 2 แห่ง

แห่งแรก คือ ไฟฟ้ากรุงเทพ เมื่อปี พ.ศ. 2430 รัฐบาลได้ให้สัมปทานการเดินรถรางแก่นาย จอห์น ลอฟตัส กับนาย เอ. ดูเปลซี เดอ ริเซอเลียว เนื่องจากยังไม่มีไฟฟ้า จึงต้องใช้ม้าลากเปิดดำเนินการอยู่พักหนึ่งแต่ขาดทุน จึงต้องโอนกิจการให้ บริษัท เดนมาร์ก เมื่อปี พ.ศ. 2437 ขณะนั้นประเทศส่วนใหญ่ในยุโรปยังไม่มีรถรางไฟฟ้า แม้แต่กรุงโตเกียว เมืองหลวงของประเทศญี่ปุ่น เยเมียน กว่าจะมีรถรางไฟฟ้าใช้ก็หลังเมืองไทยร่วมสิบปี ในปี พ.ศ. 2443 บริษัท เดนมาร์ก ขายกิจการให้แก่ บริษัท บางกอก อีเล็คตริคซิตี้ ไลท์ ซินดิเคท แต่กิจการไม่เจริญเท่าที่ควร จึงได้โอนกิจการให้แก่บริษัท ไฟฟ้าสยาม จำกัด มีชาวเดนมาร์กซื้อนาย อ็อก เวสเตน โฮลส์ เป็นผู้ดำเนินการตั้งสำนักงานอยู่ที่วัดเลียบ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2482 จึงได้เปลี่ยนชื่อเป็นบริษัท ไฟฟ้าไทย คอร์ปอเรชั่น จำกัด ต่อมาเมื่อหมดสัมปทาน ในปี พ.ศ. 2493 รัฐบาลจึงเข้าดำเนินงานแทนและเปลี่ยนชื่อเป็นการไฟฟ้ากรุงเทพ เป็นหน่วยงานหนึ่งในสังกัดกระทรวงมหาดไทย ทำหน้าที่ผลิตและจำหน่ายกระแสไฟฟ้าแก่ประชาชนที่อาศัยอยู่ ในบริเวณตอนใต้ของคลองบางกอกน้อยและคลองบางลำภู

แห่งที่ 2 กองการไฟฟ้าหลวงสามเสน กำเนิดขึ้นจากพระราชดำริของพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ที่ทรงตระหนักถึงความสำคัญของพลังงานไฟฟ้าและสายพระเนตรอันยาวไกลของพระองค์ ว่าต่อไปบ้านเมืองจะเจริญขึ้นไปทางด้านเหนือของพระนคร จึงทรงพระกรุณาโปรดเกล้าฯ ให้สร้างพระราชวังดุสิตเป็นที่ประทับ โดยที่พระที่นั่งอนันตสมาคมเป็นห้องพระโรง เพื่อให้ได้กำลังไฟฟ้าราคาถูกและสะดวกในการเดินเครื่องสูบน้ำของการประปา ด้วยทรงโปรดเกล้าฯ ให้เจ้าพระยายมราช (ปั้น สุขุม) เสนาบดีกระทรวงนครบาล และผู้บังคับบัญชากรมสุขาภิบาลในขณะนั้น ดำเนินการสร้างโรงไฟฟ้าเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าจำหน่ายแก่ประชาชน โดยให้มีการจัดการ เช่น การค้าขายทั่วไป หรือรัฐวิสาหกิจในปัจจุบัน เจ้าพระยายมราชจึงกู้เงินจากกระทรวงการคลัง จำนวน 1,000,000 บาท โดยเสียดอกเบี้ยร้อยละ 4 ต่อปี เพื่อเป็นค่าใช้จ่ายในการสร้างโรงงานไฟฟ้าและดำเนินงานผลิต จำหน่ายกระแสไฟฟ้าและขอโอน นายเอฟบี ซอว์ นายช่างไฟฟ้าชาวอังกฤษ จากกรมโยธาธิการมาเป็นผู้ควบคุมการก่อสร้างโรงไฟฟ้า ใช้วิธีเรียกประกวดราคา และบริษัท อัลเกไมเนอิเลคตริซิเตทส์ เกเซ็ลชาฟท์ (Algameine Elektricitats - Geselschaft) หรือ ที่รู้จักกันดีในปัจจุบันนี้ในนามบริษัท AEG จากประเทศเยอรมนี เป็นผู้ประมูลได้และทำการก่อสร้าง จนกระทั่งวันที่ 20 ธันวาคม พ.ศ. 2456 กองไฟฟ้าหลวงสามเสนจึงได้เริ่มทดลองเดินเครื่องจักรผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นครั้งแรก และเริ่มจำหน่ายกระแสไฟฟ้าให้แก่ประชาชนอย่างเป็นทางการราวต้นปี พ.ศ. 2457 โดยมีเขตจำหน่ายอยู่บริเวณตอนเหนือของคลองบางกอกน้อยและ

คลองบางลำภู วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2501 รัฐบาลได้รวมกิจการการไฟฟ้ากรุงเทพและกองไฟฟ้าหลวงสามเสนเป็นรัฐวิสาหกิจโดยใช้ชื่อ การไฟฟ้านครหลวง ซึ่งถือว่าเป็นวันสถาปนาการไฟฟ้านครหลวง อย่างเป็นทางการ

3.3 แผนผังโครงสร้างองค์กร



รูปที่ 3.4 แผนผังโครงสร้างองค์กรของการไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ

แผนกบริการเครื่องวัดไฟฟ้า ทำหน้าที่ ติดตั้ง เปลี่ยนและบำรุงรักษา รื้อถอนเครื่องวัดไฟฟ้ากรณีค้างชำระค่าไฟฟ้า หรือยกเลิกการใช้ไฟฟ้า การจดข้อมูลเครื่องวัดไฟฟ้าที่มีการคิดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าเพื่อนำมาวิเคราะห์ในการออกบิลค่าไฟประจำเดือน และตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดไฟฟ้าหลังจากการติดตั้ง

3.4 ตำแหน่งงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมาย

ผู้จัดทำได้รับมอบหมายงานให้ปฏิบัติหน้าที่เป็นผู้ควบคุมงานตำแหน่ง ช่างเทคนิคสายอากาศ 5 แผนกบริการเครื่องวัดไฟฟ้า

3.4.1 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

- จ่ายงานให้แก่ผู้รับจ้างภายนอกและช่างภายใน
- เบิกอุปกรณ์ประกอบ และเครื่องวัดไฟฟ้า สำหรับนำไปติดตั้ง
- ประสานงานกับลูกค้าเพื่อนัดวันเข้าปฏิบัติงาน
- ควบคุมการปฏิบัติงานของช่างสนาม

3.5 ชื่อและตำแหน่งของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา	นายโสพส ศรีวิไลเมฆ
ตำแหน่ง	ผู้ช่วยแผนกบริการเครื่องวัดไฟฟ้า
แผนก	บริการเครื่องวัดไฟฟ้า

3.6 ระยะเวลาการปฏิบัติงาน

ระยะเวลาที่ปฏิบัติงานที่การไฟฟ้านครหลวงเขตราษฎร์บูรณะ เริ่มเข้าฝึกปฏิบัติสหกิจศึกษาตั้งแต่วันที่ 17 มกราคม 2565 ถึงวันที่ 6 พฤษภาคม 2565

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ตารางที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	มค.2565	กพ.2565	มีค.2565	เมษา.2565	พค.2565
1. วางแผนโครงงาน					
2. นำเสนอหัวข้อโครงงาน					
3. รวบรวมข้อมูล					
4. จัดทำโครงงาน					
5. นำเสนอโครงงาน					
6. แก้ไข และส่งเล่มฉบับสมบูรณ์					

ในรายละเอียดการปฏิบัติงานนั้นจะเริ่มจาก รับเรื่องการขอใช้ไฟฟ้าที่อนุมัติผ่านมาจากแผนกตรวจสอบสายภายใน จากนั้นทำเรื่องเบิกเครื่องวัดไฟฟ้าตามขนาดกระแสและแรงดันที่ทางลูกค้าทำเรื่องขอใช้ไปยังคลัง กฟน.เขตวัดเลียบ เพื่อนำเครื่องวัดไฟฟ้ามาเก็บไว้ที่เขตราษฎร์บูรณะสำหรับเตรียมพร้อมในการติดตั้ง ทำการติดต่อผู้ใช้ไฟเพื่อนัดหมายวัน เวลา ในการเข้าดำเนินการติดตั้ง เมื่อถึงวันนัดหมาย ช่วงเช้า 7.30 – 8.30 น. จะทำการพิมพ์ใบงาน และใบเบิกอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งต่างๆ จากนั้นเวลา 8.30 น. เริ่มเดินทางออกจากเขตพร้อมกับช่างสนามเพื่อควบคุมการทำงาน

สำหรับข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการทำโครงงานฉบับนี้ ผู้จัดทำได้นำเสนอในเรื่องของเครื่องวัดไฟฟ้า ซึ่งสามารถแยกเป็นหัวข้อต่างๆ ได้ดังนี้

- ข้อมูลอัตราค่าไฟฟ้า
- วิธีการอ่านค่าต่างๆ ของเครื่องวัดดีมานด์, TOU, TOD
- วิธีการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า
- วิธีตรวจสอบความถูกต้องของเครื่องวัดไฟฟ้า

3.8 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้

3.8.1 อุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ที่ใช้

- โทรศัพท์
- วิทยุสื่อสาร
- เครื่องถ่ายเอกสาร / ปริ๊นเตอร์
- เครื่องคำนวณ
- หมวกนิรภัย

3.8.2 อุปกรณ์ด้านซอฟต์แวร์ที่ใช้

- โปรแกรม Microsoft Office
- โปรแกรม VSDC Video Editor
- โปรแกรม OBS Studio
- โปรแกรม Zoom
- โปรแกรม Microsoft Teams
- โปรแกรม Arc/FM

บทที่ 4
ผลการปฏิบัติงาน

โครงงานฉบับนี้เป็นโครงงานเพื่อนำเสนอผลการปฏิบัติงานของแผนกบริการเครื่องวัดไฟฟ้า การไฟฟ้านครหลวง เขต ราษฎร์บูรณะ โดยหน้าที่รับผิดชอบของผู้จัดทำจะเน้นไปที่ กลุ่มงานติดตั้ง เพื่อศึกษาวิธีการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า ที่ต่อร่วมกับหม้อแปลงเครื่องมือวัด ขนาดแรงดันไม่เกิน 24 kV รวมถึงวิธีการตรวจสอบหลังการติดตั้ง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า

การติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าที่ทางผู้จัดทำจะนำเสนอนั้น จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มแรงดัน ได้แก่ เครื่องวัดฯ 3 เฟส 4 สาย ขนาดแรงดัน 230/400 V ใช้กับโหลด 200 และ 400 A และอีกกลุ่ม เป็นเครื่องวัดฯ 3 เฟส 3 สาย ขนาดแรงดัน 12 และ 24 kV

อุปกรณ์ที่ใช้ในงานติดตั้ง

สำหรับงานติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าแรงดัน 230/400 V 3 เฟส 4 สาย มี CT ขนาด 200 A หรือ 400 A จะมีอุปกรณ์ประกอบการติดตั้งที่สำคัญ ดังนี้

- สายควบคุม เป็นสายไฟที่ใช้ต่อวงจรในภาคควบคุม ใช้กับระดับแรงดันไม่เกิน 600 V มี 7 แกน ขนาด 2.5 ตร.มม ใช้รับค่าแรงดัน และกระแส ด้านเอาต์พุตของ CT หรือ VT มายังอินพุตของเครื่องวัดไฟฟ้า สำหรับคำนวณค่าพลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะออกบิลแจ้งค่าไฟฟ้าต่อไป มีลักษณะดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 สายต่อวงจรควบคุม

- ตู้เครื่องวัดไฟฟ้า เป็นตู้โลหะ บริเวณด้านฝาตู้จะเป็นพลาสติกใส เพื่อมีไว้อ่านข้อมูลต่าๆ ที่หน้าจอ มีลักษณะดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 ตู้เครื่องวัดไฟฟ้า

- เครื่องวัดไฟฟ้า เป็นเครื่องมือใช้ในการวัดหน่วยไฟฟ้า มีลักษณะดังรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.3 เครื่องวัดไฟฟ้า

- หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (CT) ทำหน้าที่ลดปริมาณกระแสไฟฟ้าโหลด สำหรับ ขนาด CT ที่ใช้กับเครื่องวัดไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ระดับแรงดันไม่เกิน 400 V จะมีอยู่ด้วยกัน 2 ขนาด ได้แก่ 200/5 A และ 400/5 A มีลักษณะดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 CT ระบบแรงดัน 230/400 V พิกัดกระแส 400/5 A

- หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (CT) ทำหน้าที่ลดปริมาณกระแสไฟฟ้าโหลด สำหรับ ขนาด CT ใช้กับเครื่องวัดไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวง ระดับแรงดัน 12 ถึง 24 kV พิกัดกระแส 10/5 A มีลักษณะดังรูปที่ 4.5

รูปที่ 4.5 CT ระบบแรงดัน 12 และ 24 kV พิกัดกระแส 10/5 A

- หม้อแปลงแรงดันไฟฟ้า (VT) ทำหน้าที่ลดปริมาณแรงดันไฟฟ้า สำหรับ ขนาด VT ที่ใช้มีระดับแรงดัน 24 kV/120 V มีลักษณะดังรูปที่ 4.6

รูปที่ 4.6 VT พิกัดแรงดัน 24 kV/120 V

4.1.1 การติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท 3 เฟส 4 สาย (มี CT)

เริ่มต้น ผู้ควบคุมงาน หรือช่างผู้ปฏิบัติงาน จะต้องตรวจสอบว่าตัวเครื่องวัดไฟฟ้า กับ CT ที่เบิกมา มี Serial no. , mea no. และพิกัดแรงดันกับกระแสโหลด ตรงตามประวัติหรือไม่ ซึ่งสามารถสรวจสอบได้ตามรูปที่ 4.7

รูปที่ 4.7 ตำแหน่งหมายเลขรหัสเครื่องวัดไฟฟ้าและ Serial no.

ขั้นตอนการติดตั้ง

- ขั้นตอนที่ 1 ให้ตรวจสอบตู้โหลดเซ็นเตอร์ของลูกค้า เพื่อให้แน่ใจว่าเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์อยู่ในสถานะเปิดวงจรอยู่ และไม่มีการต่อไฟฟ้าจากแหล่งอื่นมาเชื่อมต่อในระบบ จากนั้นให้ตรวจสอบการมาร์คสายเมนภายในของลูกค้า เพื่อให้ทราบว่าสายเมนเส้นใดเป็นสายเฟสหรือสายนิวตรอน แสดงดังรูปที่ 4.8 และ 4.9 จากนั้นตรวจสอบสายเมนของ กฟน. เริ่มจากใช้โวลต์มิเตอร์ วัดแรงดันที่สายป้อน ว่าแรงดันแต่ละเฟสมีค่าตามมาตรฐาน และลำดับเฟสถูกต้องหรือไม่ หลังจากตรวจสอบทุกขั้นตอนถูกต้องครบถ้วนดีแล้วจึงจะสามารถเริ่มทำการติดตั้งได้

- ขั้นตอนที่ 2 ผู้ปฏิบัติงานจะต้องตรวจสอบเครื่องมือ และอุปกรณ์เซฟตี้ ต่างๆ ว่าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานหรือไม่ ได้แก่ ขาไต่เสา เข็มขัดนิรภัย ถุงมือหนัง ถุงมือยางกันไฟ หมวกนิรภัย และหน้ากากกันประกายไฟฟ้า

- ขั้นตอนที่ 3 ติดตั้ง CT ทั้ง 3 ชุด ไว้กับแผ่น PVC Board และต่อสายควบคุมของวงจร CT จากนั้นปิดฝาครอบขั้วต่อสายควบคุมและล็อคด้วยซีล(สีส้ม) เพื่อป้องกันการเปิดแก้ไขหรือดัดแปลงในภายหลัง แสดงดังรูปที่ 4.10 และ 4.11

- ขั้นตอนที่ 4 ประกอบตู้มิเตอร์โดยติดตั้งไว้ที่เสาไฟฟ้า ให้สูงจากพื้นประมาณ 1.8 เมตร จากนั้นต่อสายควบคุมเข้าที่อินพุตของเครื่องวัดไฟฟ้า โดยต่อวงจรตามไวริ่งไดแกรมที่อยู่ด้านในของฝาครอบเครื่องวัดไฟฟ้า และต่อสายกราวด์ที่ตู้เครื่องวัดไฟฟ้าเข้ากับตำแหน่งจุดกราวด์ของเสาไฟฟ้า เพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าช็อตลงตู้ แสดงดังรูปที่ 4.13, 4.14 และ 4.145

- ขั้นตอนที่ 5 แจ้งลูกค้าก่อนการเชื่อมต่อสายเมนของ กฟน. เข้ากับสายเมนลูกค้า เพื่อป้องกันอันตรายแก่คนที่อยู่ใกล้ หรือปฏิบัติงานอยู่ที่ตู้โหลดเซ็นเตอร์ภายในอาคาร

- ขั้นตอนที่ 6 ต่อสายควบคุมที่สายเมนเพื่อต่อแรงดันทั้งสามเฟส ลงมาเข้าที่ตัวเครื่องวัดไฟฟ้า ซึ่งจะมีลักษณะการต่อเป็น สายสีขาวต่อกับสายเมนเฟส 1 สายสีส้มต่อกับสายเมนเฟส 2 สายสีเทาต่อกับสายเมนเฟส 3

- ขั้นตอนที่ 7 วัดแรงดันที่เครื่องวัดไฟฟ้า ว่าค่าแรงดันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วทุกอย่างปกติ ให้ทำการปิดฝาเครื่องวัดไฟฟ้าและล็อคด้วยซีล(สีส้ม) และ ปิดตู้ แสดงดังรูปที่ 4.16

รูปที่ 4.8 ตรวจสอบตู้โหลดเซ็นเตอร์ของลูกค้าก่อนเริ่มปฏิบัติงาน

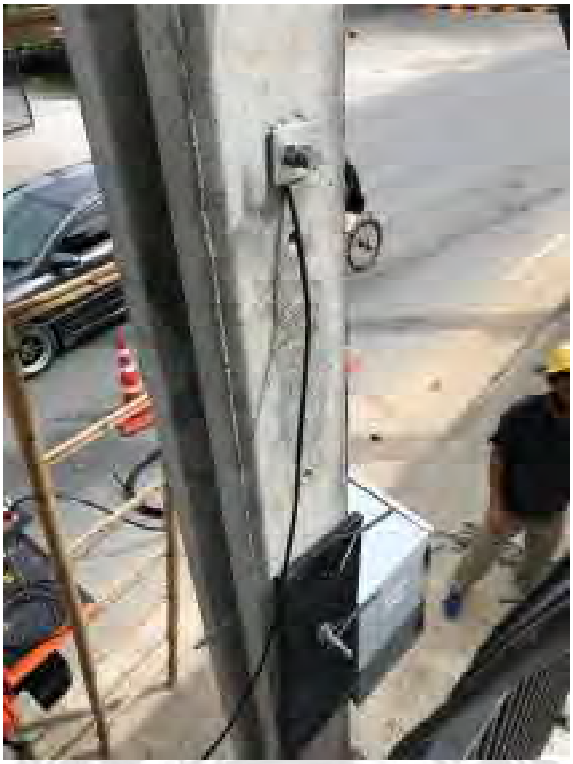
รูปที่ 4.9 ตรวจสอบการทำสัญลักษณ์บอกเฟสของสายเมนภายในของลูกค้า

รูปที่ 4.10 การต่อวงจรของ CT

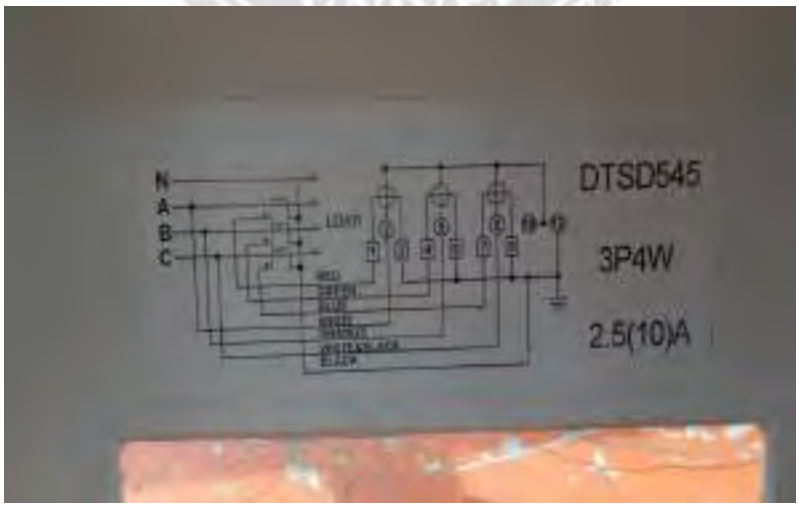
รูปที่ 4.11 การส่งของขึ้นเสาด้วยเชือก

รูปที่ 4.12 ลักษณะการติดตั้ง CT บนยอดเสา และการเชื่อมต่อสายเมนของลูกค้ากับ กฟน.

รูปที่ 4.13 การติดตั้งตู้และต่อสายควบคุมเข้าเครื่องวัดไฟฟ้า



รูปที่ 4.14 การต่อกราวด์ระหว่างตู้เครื่องวัดไฟฟ้ากับเสาไฟฟ้า

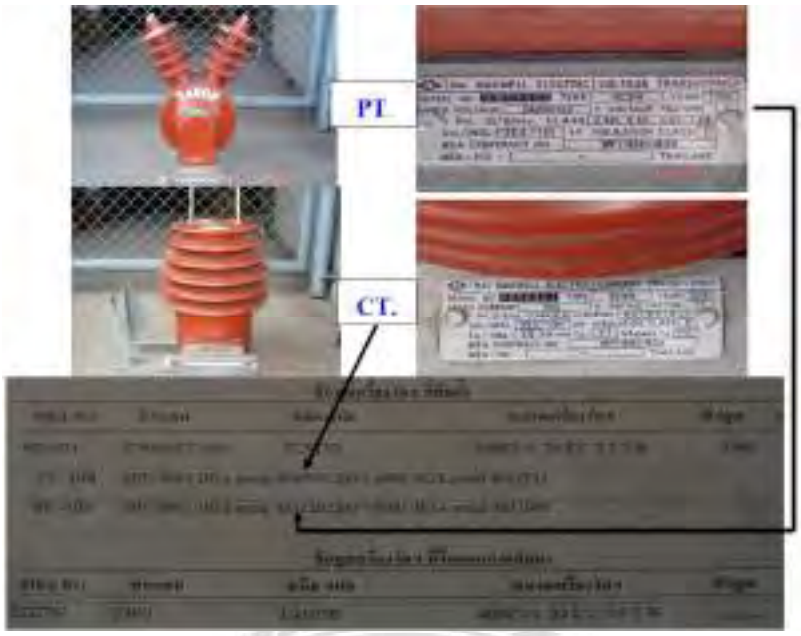


รูปที่ 4.15 วงจรการต่อสายควบคุมที่ด้านในของฝาครอบเครื่องวัดไฟฟ้า

รูปที่ 4.16 การวัดค่าแรงดันและลำดับเฟส

4.1.2 การติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าประเภท 3 เฟส 3 สาย (มี CT และ VT)

เริ่มต้น ผู้ควบคุมงาน หรือช่างผู้ปฏิบัติงาน จะต้องตรวจสอบว่าตัวเครื่องวัดไฟฟ้า กับ CT, VT มี Serial no. , mea no. และพิกัดแรงดันกับพิกัดกระแส ตรงตามประวัติหรือไม่ ซึ่งสามารถสรวจสอบได้ตามรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ตำแหน่งหมายเลข Serial no. ของ CT และ VT

ขั้นตอนการติดตั้ง

- ขั้นตอนที่ 1 ผู้ปฏิบัติงานจะต้องตรวจสอบเครื่องมือ และอุปกรณ์เซฟตี้ ต่างๆ ว่าอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์พร้อมใช้งานหรือไม่ ได้แก่ ขาไต่เสา เข็มขัดนิรภัย ถุงมือหนัง ถุงมือยางกันไฟฟ้า หมวกนิรภัย และหน้ากากกันประกายไฟฟ้า

- ขั้นตอนที่ 2 ประสานงานเรื่องขอเข้าปฏิบัติงาน ปลดเมนเซอร์กิตเบรกเกอร์ของลูกค้า และปลด Drop Out Fuse ที่หม้อแปลงภายในของลูกค้าออกทั้ง 3 เฟส จากนั้นปลด Drop Out Fuse ของ กฟน. ที่เสา High Tensions พร้อมทั้งปลด Hot Line, Stirrup Clamp ทั้ง 3 เฟส ออกจากระบบของ กฟน. เพื่อป้องกันอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานที่อยู่ใกล้กับสายไฟฟ้าแรงดันสูงในขณะที่ปฏิบัติงานอยู่บนที่สูง แสดงดังรูปที่ 4.18 และ 4.19

- ขั้นตอนที่ 3 นำ CT และ VT ทั้ง 4 ลูก ขึ้นไปติดตั้งไว้บนคานเหล็ก จากนั้นต่อสายเมนเฟส1 จาก Fuse เข้าขั้วต่อสาย “H1”ด้านปฐมภูมิของ CT และ VT ต่อสานเมนเมนเฟส2 ที่ขั้ว “H2 ” ของ VT ทั้งสองตัว และต่อพ่วงเข้ากับสายเมนเฟส2 ของลูกค้า ต่อ “H2 ” ของ CT ทั้ง 2 ตัว ต่อเข้ากับสายเมนเฟส1 และ เฟส3 ของลูกค้า แสดงดังรูปที่ 4.20

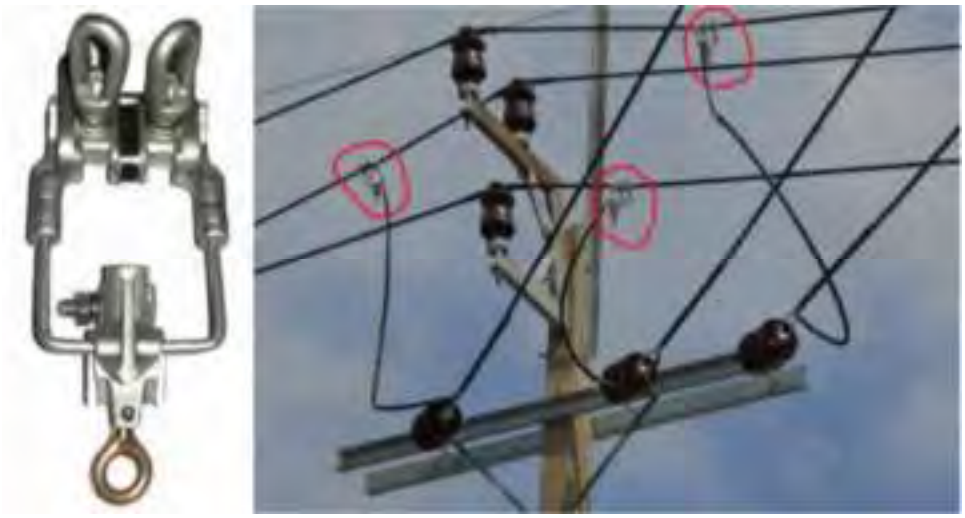
- ขั้นตอนที่ 4 ต่อสายควบคุมที่ขั้วด้านทุติยภูมิ ของ CT กับ VT จากนั้นปิดฝาและล็อคด้วยซีล(สีส้ม) แสดงดังรูปที่ 4.21

- ขั้นตอนที่ 5 ติดตั้งตู้เครื่องวัดไฟฟ้า ไว้ที่เสาไฟฟ้า ให้สูงจากพื้นประมาณ 1.8 เมตร จากนั้นต่อสายควบคุมเข้าที่อินพุตของเครื่องวัดไฟฟ้า โดยต่อตามไวริ่งไดแกรมที่ระบุไว้ที่ฝาครอบเครื่องวัดไฟฟ้า พร้อมกับต่อสายกราวด์ที่ฝาตู้เข้ากับตำแหน่งจุดต่อกราวด์ของเสาไฟฟ้า แสดงดังรูปที่ 4.22

- ขั้นตอนที่ 6 ก่อนการเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าจะต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าไม่มีผู้ปฏิบัติงานคนใดที่ยังอยู่บนเสา พร้อมทั้งแจ้งผู้ใช้ไฟก่อนเชื่อมต่อระบบไฟฟ้าเพื่อป้องกันอัตรายจากไฟฟ้าแรงดันสูง หลังจากตรวจสอบจนแน่ใจแล้ว จึงค่อยเริ่มเชื่อมต่อ Hot Line, Stirrup Clamp แล้วสับ Drop Out Fuse ที่ต้น High Tensions จากนั้นให้ทำการวัดแรงดันและลำดับเฟสที่ตัวมิเตอร์อีกรอบหนึ่ง เพื่อให้แน่ใจว่าแรงดันไฟฟ้าที่ต่อลงมาจากขดลวดด้านทุติยภูมิของ VT มีค่าถูกต้อง แสดงดังรูปที่ 4.23

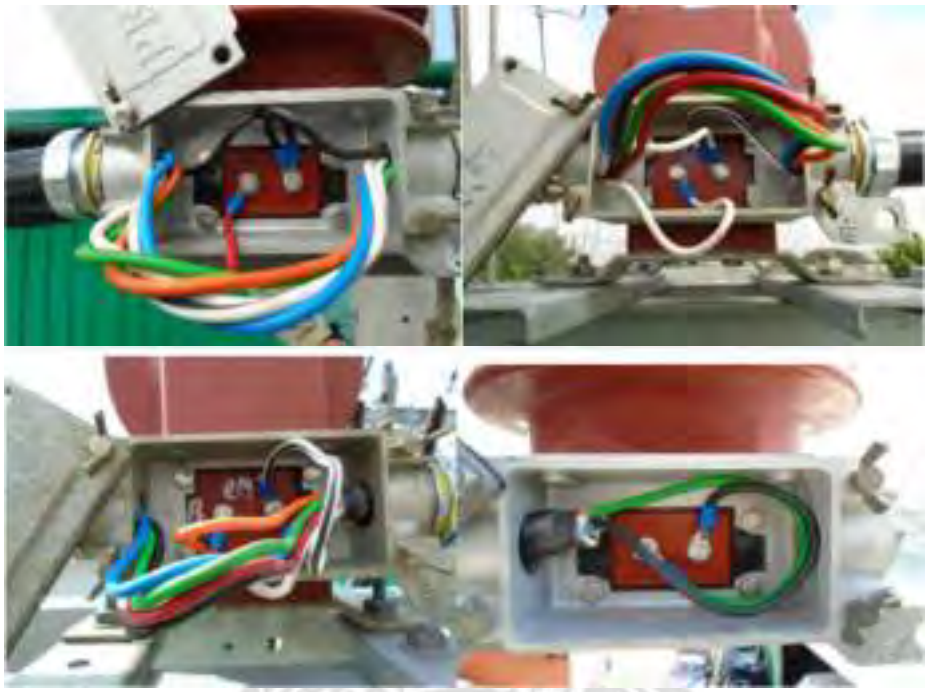
- ขั้นตอนที่ 7 วัดแรงดันที่เครื่องวัดไฟฟ้า ว่าค่าแรงดันอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ถ้าตรวจสอบแล้วทุกอย่างปกติ ให้ทำการปิดฝาเครื่องวัดไฟฟ้าและล็อคด้วยซีล(สีส้ม) และ ปิดตู้ แสดงดังรูปที่ 4.24

รูปที่ 4.18 การปลด Drop Out Fuse หม้อแปลงภายในของลูกค้า



รูปที่ 4.19 Hot Line, Stirrup Clamp และลักษณะการต่อใช้งาน

รูปที่ 4.20 การนำ CT และ VT ทั้ง 4 ลูก ขึ้นไปยึดติดไว้กับคานเหล็ก



รูปที่ 4.21 การต่อสายควบคุมที่ขั้วต่อด้าน Secondary ของ CT และ VT

รูปที่ 4.22 การติดตั้งตู้และการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า

รูปที่ 4.23 การใส่ Hot Line Stirrup Clamp และ สับ Drop Out Fuse

รูปที่ 4.24 การวัดค่าแรงดันและลำดับเฟสของเครื่องวัดไฟฟ้า

4.2 การตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้า

เป็นการตรวจสอบเพื่อให้ทราบ ถึงความถูกต้องของการติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้า จากการรับแจ้งถึงความผิดปกติของค่าไฟฟ้า หรือรับแจ้งเหตุเกี่ยวกับการทุจริต ดัดแปลงเครื่องวัดไฟฟ้าตามการรับแจ้งจากทางลูกค้า หรือจากพนักงาน กฟน.

4.2.1 การตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้ามี CT (200A, 3 เฟส 4 สาย)

- ขั้นตอนที่ 1 ใช้ Wireless Current Meter และ Clamp on Power Meter วัดกระแสไฟฟ้าที่สายเมนของลูกค้า กับ สายควบคุมของ CT ทั้ง 3 เฟส เพื่อตรวจสอบว่ากระแสทั้งด้าน Primary และ Secondary มีความสัมพันธ์ ถูกต้องตรงตามค่า Ratio หรือไม่ ซึ่งสำหรับเครื่องวัดไฟฟ้าขนาด 200A CT จะเป็น 200/5 ดังนั้นค่า Ratio จะเท่ากับ 40

รูปที่ 4.25 การวัดค่ากระแสไฟฟ้าด้าน Primary กับ Secondary ของ CT

- ขั้นตอนที่ 2 วัดค่า Volt, Amp, P, Q, S, PF โดยใช้ Clamp on Power Meter วัดค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.26 และบันทึกลงในใบตรวจสอบ เพื่อจะนำมาคำนวณหาค่า P_T , Q_T และ S_T ตามตารางที่ 4.1

รูปที่4.26 วิธีการใช้ Clamp on Power Meter วัดค่าจากสายควบคุม

ตารางที่ 4.1 ค่าที่บันทึกจาก Clamp on Power Meter โหลด 3 เฟส 4 สาย

Volt	Amp	kW	kVAR	kVA	θ	PF	Lead	Lag
228.4	1.1	0.238	0.075	0.249	17.25	0.955	-	
230	0.72	0.163	0.051	0.170	16.66	0.958	-	
229.7	1.03	0.230	0.068	0.239	15.85	0.962	-	
		P_T =0.631	Q_T =0.194	S_T =0.660				

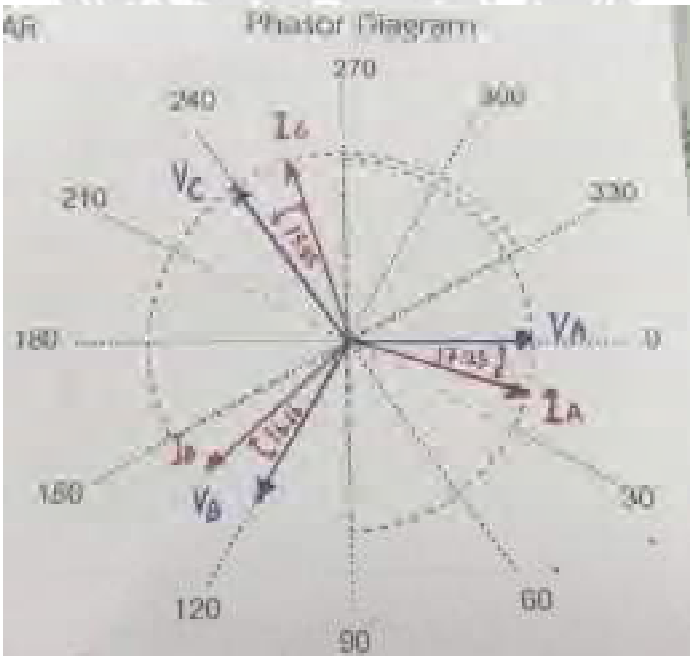
จากตารางที่ 4.1 สามารถคำนวณหาค่า P_T , Q_T, S_T ได้ดังนี้ (CT ขนาด 200/5 มี Ratio เท่ากับ 40)

P_T = (P_1 + P_2 + P_3) x CT(Ratio) = (0.238+0.163+0.230)x40 = 25.24 kW

Q_T = (Q_1 + Q_2 + Q_3) x CT(Ratio) = (0.075+0.051+0.068)x40 = 7.76 kVAR

S_T = $\sqrt{P_T^2 + Q_T^2}$ = $\sqrt{25.24^2 + 7.76^2}$ = 26.4 kVA

- ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ Phasor Diagram หลังจากได้ข้อมูลครบถ้วนตามตารางที่ 4.1 แล้ว เราก็จะนำค่าที่คำนวณได้มาเขียน Phasor Diagram เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า จะได้ตามรูปที่ 4.27 จะได้มุมระหว่างกระแสและแรงดันของแต่ละเฟสน้อยกว่า 90 องศา แสดงว่าการต่อสายของเครื่องวัดไฟฟ้าถูกต้อง



รูปที่ 4.27 Phasor Diagram ของโหลด 3 เฟส 4 สาย

- ขั้นตอนที่ 4 การคำนวณหน่วยต่อรอบการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า เป็นการพิสูจน์ว่าตัวเครื่องวัดไฟฟ้ามีการจับค่าพลังงานไฟฟ้า ถูกต้องตรงตามค่า Constant ที่ระบุไว้ในเครื่องวัดไฟฟ้าหรือไม่ แสดงดังรูปที่ 4.28

รูปที่ 4.28 ค่า Constant ของเครื่องวัดฯ Itron

จับการหมุนของมิเตอร์ จะกระทำพร้อมกับขั้นตอนที่ 2 จากรูปที่ 4.28 ที่หน้ามิเตอร์ จะเขียนค่า Constant ว่า 1.8 Wh/pulse สิ่งที่ต้องใช้คำนวณคือ หน่วยต่อรอบ จะได้ 1.8/1000 เท่ากับ 0.0018 kWh/pulse เราจะจับรอบจากการกระพริบของสัญลักษณ์สี่เหลี่ยม 2 อัน ที่หน้าจอ Display เมื่อ สี่เหลี่ยมอันที่ 1 เริ่มติด ให้ทำการเริ่มกดนาฬิกาจับเวลา และเมื่อสี่เหลี่ยมอันที่ 2 ติด ให้ทำการกดนาฬิกาหยุดจับเวลา ซึ่งสามารถจับเวลาได้ 10.4 วินาที ฉนั้นจะสามารถเอาค่า P_T (ค่าที่ยังไม่คูณ Ratio) ที่วัดได้จากตารางที่ 4.1 มีค่าเท่ากับ 0.631 kW จากนั้นนำมาคำนวณในสมการที่ 2.11

$$kWh/Imp = \frac{kw_{รวม} \text{ x } Impulse1_{รอบ}}{3600}$$

จะได้

$$kWh/Imp = \frac{0.631 \text{ x } 10.4}{3600} = 0.00182$$

ค่าหน่วยต่อรอบที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับค่า Constant ซึ่งก็คือ 0.0018 kWh/pulse ฉะนั้นจะสามารถพิจารณาได้ว่าเครื่องวัดไฟฟ้ามีการคำนวณหน่วยต่อรอบถูกต้อง

4.2.1 การตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้ามี CT, VT (24kV, 300A, 3เฟส 3สาย)

- ขั้นตอนที่ 1 ใช้ Wireless Current Meter และ Clamp on Power Meter วัดกระแสที่สายเมนกับสายควบคุม วัดค่ากระแสของสายเมนที่เฟส 1, 2 และ 3 ได้ 20A , 26A และ 20A ส่วนที่สายควบคุมวัดได้ 0.329A, 0.265A และ0.32A จากนั้นนำมาเทียบกับ CT Ratio ที่ 300A/5A = 60 จะได้ 20A/0.329A = 60.7 , 16A/0.265A = 60.3 และ 20A/0.32A = 62.5 จะเห็นว่าอัตราส่วนของกระแสทั้ง 3 เฟส ใกล้เคียงกับ 60 แสดงว่า CT มีการทำงานปกติ

จากนั้นวัดแรงดันที่สายควบคุมเครื่องวัดไฟฟ้า จะได้แรงดัน ทุติยภูมิ ที่ 120V จากสายเมน แรงดัน 24 kV จาก VT Ratio เท่ากับ 24 kV/120V = 200 แสดงดังรูปที่ 4.29

รูปที่ 4.29 การวัดค่ากระแสและวัดแรงดันระหว่างสายเมนกับสายควบคุม

- ขั้นตอนที่ 2 วัดค่า Volt, Amp., P, Q, S, PF โดยใช้ Clamp on Power Meter วัดค่าต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.29 และบันทึกลงในใบตรวจสอบ เพื่อจะนำมาคำนวณหาค่า P_T , Q_T และ S_T ตามตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าที่บันทึกจาก Clamp on Power Meter โหลด 3 เฟส 3 สาย

Volt	Amp	kW	kVAR	kVA	θ	PF	Lead	Lag
ขาว-ส้ม 114	แดง 0.329	0.01	0.036	0.038	74	0.275	-	●
ขาว-เทา 116	เขียว 0.265	0.028	0.012	0.031	22	0.927	-	●
ส้ม-เทา 115	-	-	-		-	-	-	
	ดำ 0.32	0.038	0.048	0.061				●

- ขั้นตอนที่ 3 การคำนวณหน่วยต่อรอบการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า เป็นการพิสูจน์ว่าตัวเครื่องวัดฯไฟฟ้ามีตรวจจับค่าพลังงานไฟฟ้าว่า ถูกต้องตรงตามค่า Constant ของเครื่องวัดไฟฟ้าหรือไม่

รูปที่ 4.30 ค่า Constant ของเครื่องวัดฯ Elster Type A1800

เราจะจับรอบจากไฟกระพริบที่หลอด LED เมื่อไฟติดจึงทำการกดนาฬิกาจับเวลา จะเห็นว่าตอนนี้หลอด LED ตอนนี้ดับอยู่ เมื่อไฟติดอีกครั้งจึงทำการกดนาฬิกาจับเวลาอีกครั้ง ได้เวลาการจับรอบเท่ากับ 19 วินาที ให้เก็บค่านี้ไว้

จากนั้นใช้ค่า P_T ณ ขณะนั้นเพื่อใช้ในการคำนวณรอบ จากตารางที่ 4.2 มีค่าเท่ากับ 0.038 กิโลวัตต์ เมื่อได้ทั้งสองค่าครบแล้ว จากนั้นนำมาคำนวณในสมการที่ 2.11

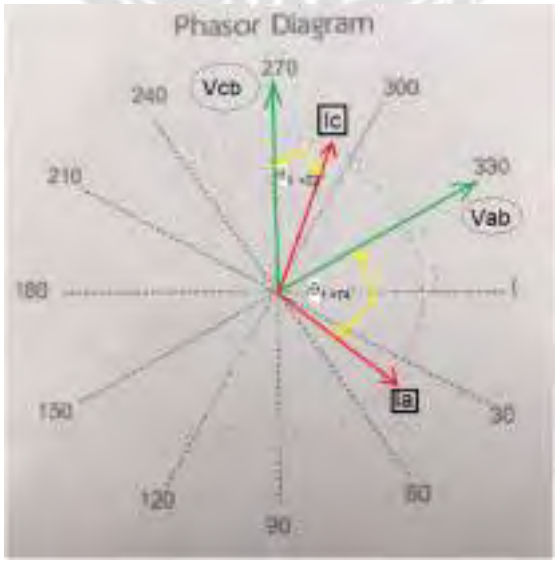
$$kWh/Imp = \frac{kw_{\text{รวม}} \text{ x } Impulse1_{\text{รอบ}}}{3600}$$

จะได้

$$kWh/Imp = \frac{0.038 \text{ x } 19}{3600} = 0.0002005$$

ค่าหน่วยต่อรอบที่คำนวณได้มีค่าใกล้เคียงกับค่า Constant ของเครื่องวัดไฟฟ้า ซึ่งก็คือ 0.0002 kWh/pulse ฉนั้นจะสามารถพิจารณาได้ว่าเครื่องวัดไฟฟ้าทำงานปกติ

- ขั้นตอนที่ 4 การวิเคราะห์ Phasor Diagram หลังจากได้ข้อมูลครบถ้วนตามตารางที่ 4.2 แล้ว เราก็จะนำค่าที่คำนวณได้มาเขียน Phasor Diagram เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการต่อสายเครื่องวัดไฟฟ้า จะได้ตามรูปที่ 4.31 ซึ่งจะเห็นได้ว่ามุมระหว่างกระแสและแรงดันของแต่ละเฟสน้อยกว่า 90 องศา แสดงว่าการต่อสายของเครื่องวัดไฟฟ้าถูกต้อง



รูปที่ 4.31 Phasor Diagram ของโหลด 3เฟส 3สาย

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

ผลของการที่ได้ฝึกปฏิบัติงานที่การไฟฟ้านครหลวง เขตราษฎร์บูรณะ แผนกบริการเครื่องวัดไฟฟ้า ตั้งแต่วันที่ 17 มกราคม พ.ศ.2565 ถึงวันที่ 6 พฤษภาคม พ.ศ. 2565 นั้น ส่งผลให้ผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ ในเรื่องเครื่องวัดไฟฟ้าประเภทต่างๆที่ทาง กฟน.ให้บริการ พร้อมทั้งทราบถึงมีวีการติดตั้ง รื้อถอน และเปลี่ยนเครื่องวัดฯ นอกจากนี้ยังได้ฝึกวิธีการประสานงานกับทางผู้ใช้ไฟฟ้าหรือแผนกต่างๆที่ทำงานร่วมกันของทาง กฟน.

5.2 ข้อเสนอแนะการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

จากการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่ผ่านมานี้ เป็นประโยชน์ต่อทางผู้จัดทำเป็นอย่างมาก ทั้งขั้นตอนการติดตามนิเทศสหกิจศึกษาของคณะอาจารย์ที่ปรึกษาและคณะกรรมการ ที่ให้ข้อคิดและแนะแนวทางแก่ผู้จัดทำได้ดียิ่ง พร้อมทั้งช่วงเวลาในการฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาก็มีความเหมาะสม

5.3 สรุปผลการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษา

ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติงานสหกิจศึกษาที่การไฟฟ้านครหลวง เขตราษฎร์บูรณะ ส่งผลให้ผู้จัดทำ ได้ความรู้ในเรื่องของงานบริการจำหน่ายพลังงานไฟฟ้ามากขึ้น ทั้งในเรื่องเครื่องวัดไฟฟ้า การคิดค่าไฟฟ้า รวมทั้งทราบถึงภาพรวมของระบบจำหน่อย ตั้งแต่ต้นทางการรับซื้อกระแสไฟฟ้าจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ไปจนถึงการขายกระแสไฟฟ้าแก่ผู้ใช้ไฟฟ้ารายย่อย ซึ่งทั้งหมดนี้มีประโยชน์ต่อการศึกษาของตัวผู้จัดทำเองในปัจจุบันเป็นอย่างยิ่ง

5.4 ข้อเสนอแนะการจัดทำโครงงานสหกิจศึกษา

5.4.1 ทางผู้ฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาควรจะศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสถานที่ฝึกงานไว้ล่วงหน้า

5.4.2 ทางผู้ฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาควรจะศึกษาหลักความปลอดภัยจากอันตรายที่เกิดจากไฟฟ้าหรือการทำงานบนที่สูง และการใช้เครื่องมือกล

5.4.3 ทางผู้ฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาจะต้องปฏิบัติงานอย่างมีวินัยในการฝึกงาน

5.4.4 ทางผู้ฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาควรจะนำปัญหาหรือความผิดพลาดที่พบในสถานที่ฝึกงาน มาหาทางแก้ไขอย่างมีแบบแผน ไม่ควรทิ้งหรือละเลยปัญหาจากการฝึกงาน

5.4.5 ทางผู้ฝึกปฏิบัติงานสหกิจศึกษาจะต้องเรียนรู้การทำงานเป็นทีม

บรรณานุกรม

การไฟฟ้านครหลวง-กฟน-MEA. (2564). *ประวัติความเป็นมา แผนผังองค์กร การขอใช้ไฟฟ้าอัตราค่าไฟฟ้า*. http://www.mea.or.th

ชัยบูรณ์ กังสเจียรณ์. (2550). *การวัดและเครื่องมือวัด* (พิมพ์ครั้งที่ 2). ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยมหานคร.

ภาคผนวก

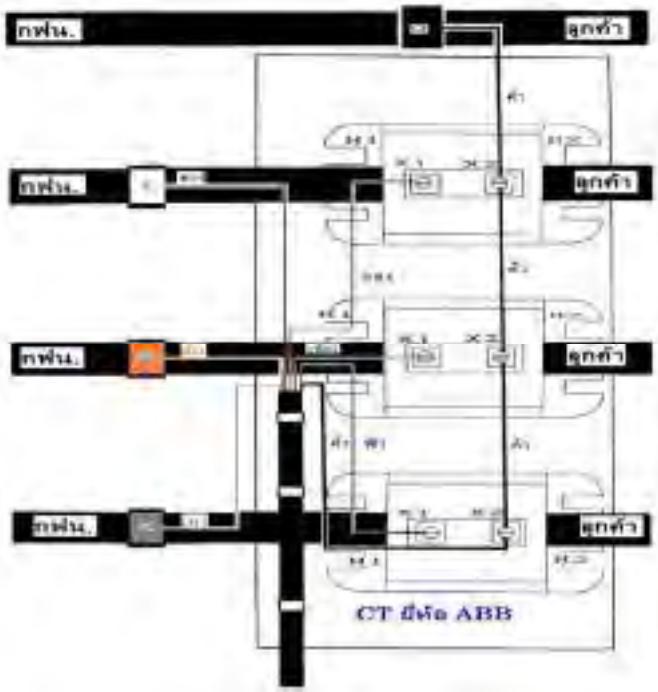
รูปที่ 1 การทำ KYT ชี้จุดอัตรายและแนวทางป้องกันของการปฏิบัติงาน

รูปที่ 2 การต่อวงจรด้านทุติยภูมิของ CT แรงดันต่ำ

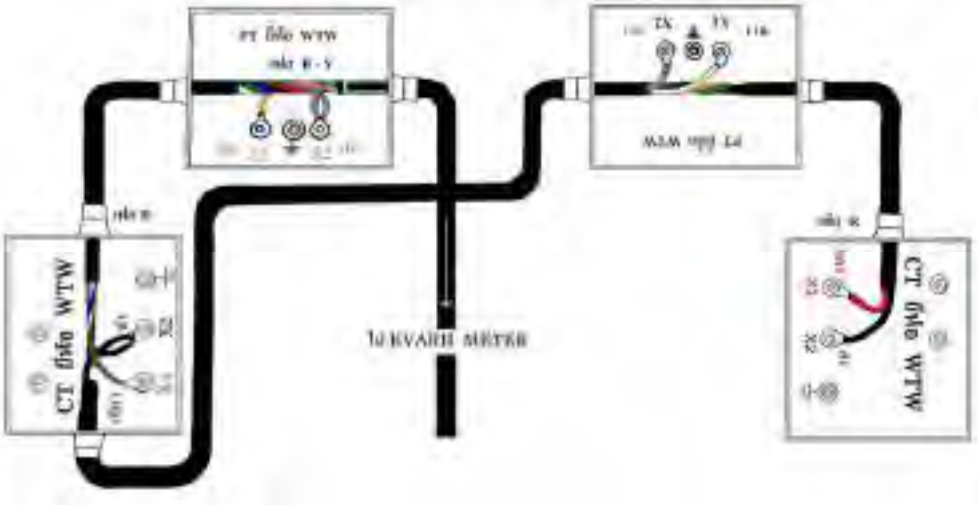
รูปที่ 3 การต่อวงจรด้านทุติยภูมิของ CT,VT แรงดันสูง

รูปที่ 4 CT, VT ของเครื่องวัดไฟฟ้าแรงดัน 24 กิโลโวลต์

รูปที่ 5 ติดตั้ง CT, VT บนคานเหล็ก



รูปที่ 6 การต่อสายควบคุมกับ CT แรงดันต่ำ



รูปที่ 7 การต่อสายควบคุมกับ CT,VT แรงดันสูง

รูปที่ 8 การวัดกระแสสายเมนลูกค้า

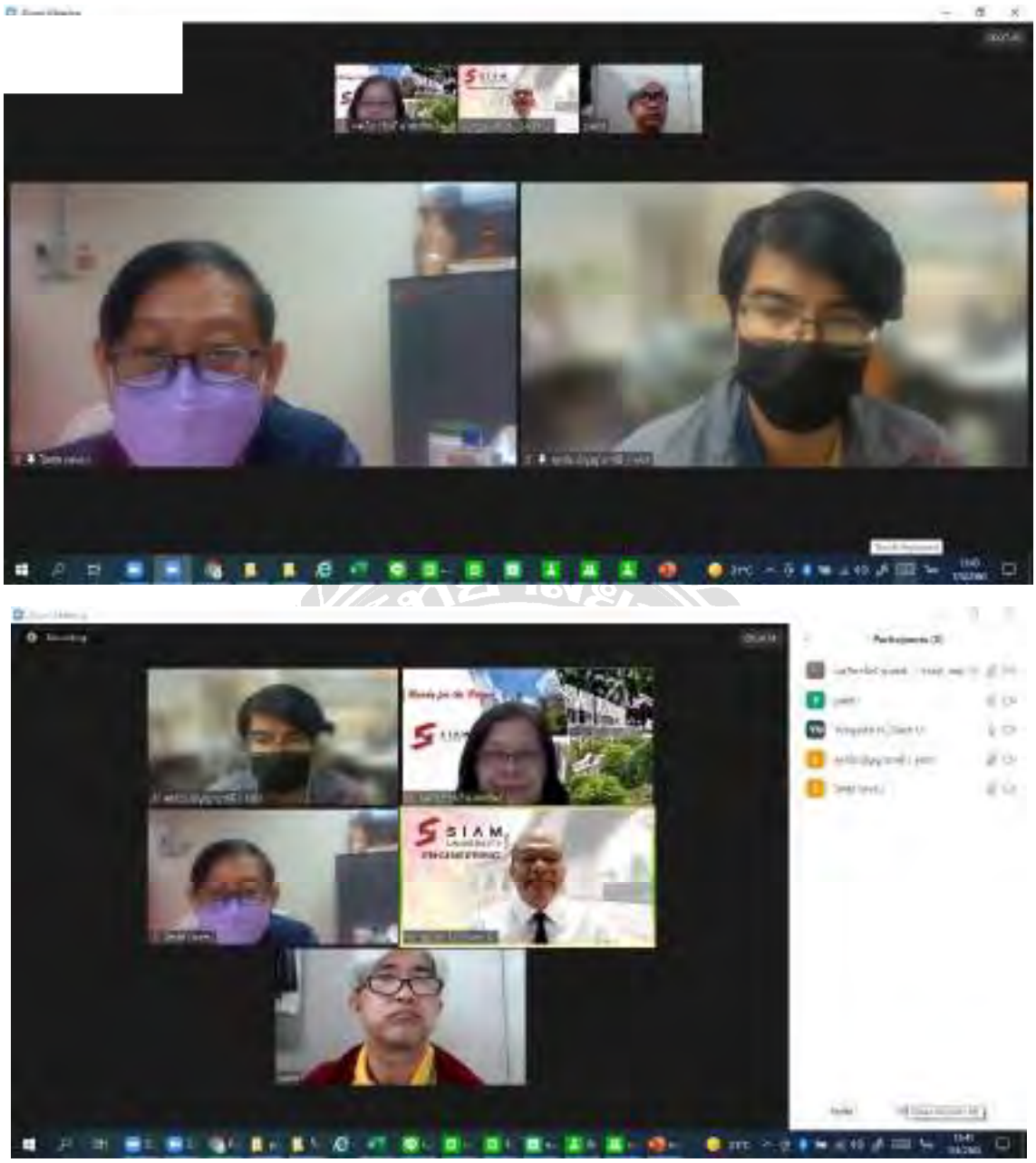
รูปที่ 9 การวัดค่ากำลังไฟฟ้าเพื่อตรวจสอบเครื่องวัดไฟฟ้า

รูปที่ 10 การวัดค่าแรงดันและวัดกระลำดับเฟส

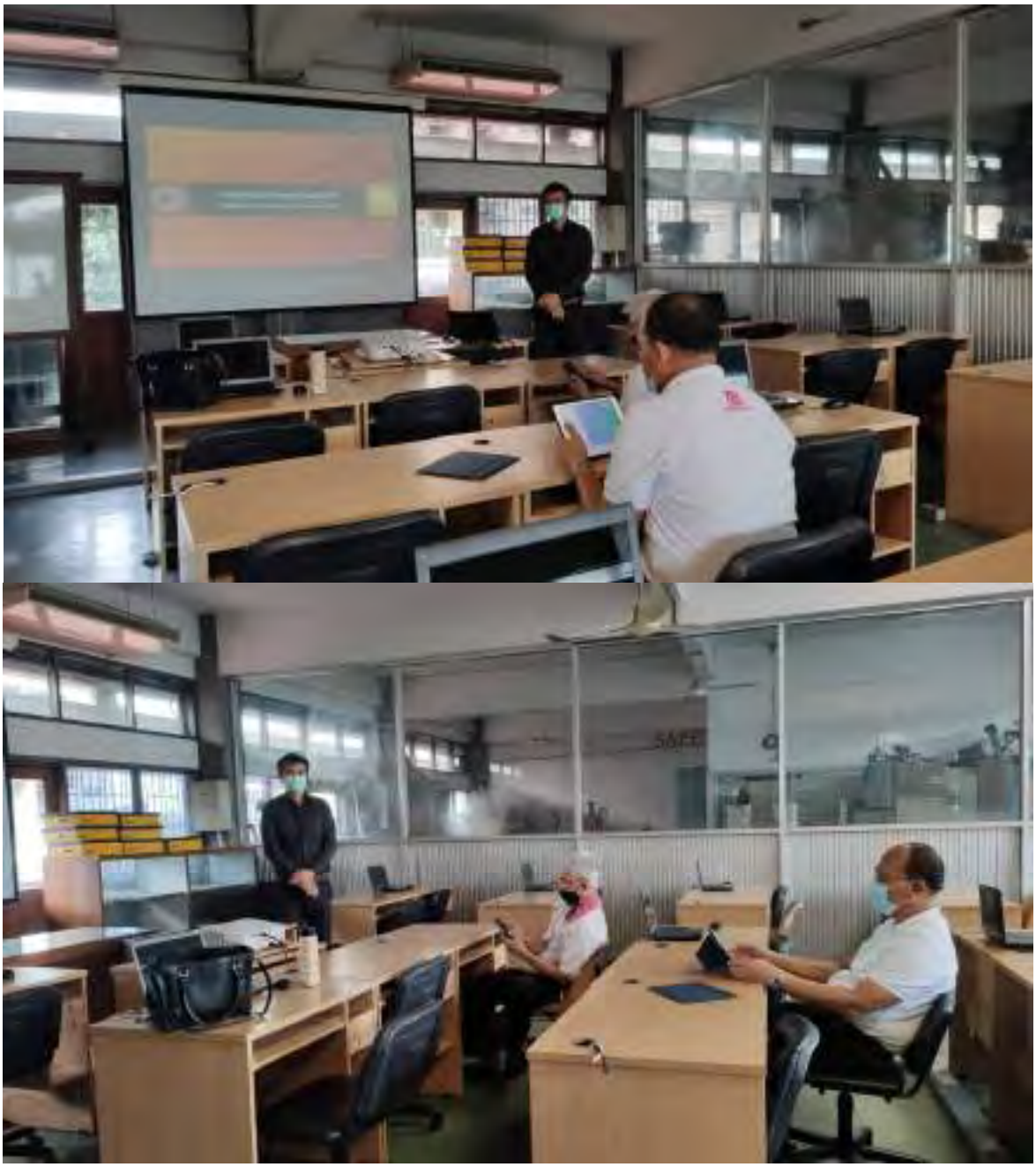
รูปที่ 11 การส่ง CT แรงดันต่ำขึ้นเสา

รูปที่ 12 การเชื่อมต่อสายเมน

รูปที่ 13 การเชื่อมต่อสายเม



รูปที่ 14 การนิเทศงานผ่านโปรแกรม ZOOM



รูปที่ 15 การนำเสนอโครงงานสหกิจศึกษา

ประวัติผู้จัดทำ

ชื่อ-นามสกุล นายศุภชัย ปัญญาบารมี

รหัสนักศึกษา 6423200006

เกิด 19 ธันวาคม 2530

ที่อยู่ 80/461 ซ.พุทธบูชา 44 แขวงบางมด
เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140

โทรศัพท์ 087-705-3003

E-mail supachai.pan@siam.edu

ประวัติการศึกษา

ปวช. วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม

ปวส. โรงเรียนดอนบอสโก (กรุงเทพฯ)

ปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขา วิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยสยาม