รายงานการวิจัย

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า ๓ เฟส สำหรับพัฒนากระบวนการส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้า

The construction and evaluation of the efficiency of 3-Phase Electrical System Test Kit for Development of Process to Promote the Potential for Electrical Lab Learners

นรงฤทธิ์ เสนาจิตร Narongrit Sanajit
กรภัทร เฉลิมวงศ์ Korrapat Chaleamwong
นุชจิเรศ แก้วสกุล Nutjired Kheowsakul

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2564

การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า ๓ เฟส สำหรับพัฒนากระบวนการส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้า

นรงฤทธิ์ เสนาจิตร[1] กรภัทร เฉลิมวงศ์[2] และนุชจิเรศ แก้วสกุล[3]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต 2) ทดสอบประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต 3) ประเมินผลสัมฤทธิ์ของชุดทดลองระบบไฟฟ้า สำหรับรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า และ 4) วัดความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองระบบไฟฟ้าที่สร้างขึ้น โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 1 หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ในปีการศึกษา 2/2563 จำนวน 46 คน โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควต้า เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย 1) ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 2) แบบประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน 3) แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน และใบงาน 4) แบบสอบถามความพึงพอใจของผู้เรียน และวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การหาประสิทธิภาพด้วยสถิติ E1/E2 และการหาผลสัมฤทธิ์ด้วยสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดทดลองระบบไฟฟ้า รายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า มีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.45 , S.D .= 0.65) 2) กระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้า รายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า มีประสิทธิภาพ 78/86 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด 75/75 3) กระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้า รายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าทำให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และ 4) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้า รายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.52, S.D. = 0.61)

คำสำคัญ: ชุดทดลองระบบไฟฟ้า , การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

[1-3]อาจารย์ หลักสูตรสาขาวิชาไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยศรีวิชัย

The construction and evaluation of the efficiency of 3-Phase Electrical System Test Kit for Development of Process to Promote the Potential for Electrical Lab Learners

Narongrit Sanajit[1] Korrapat Chalermwong[2] and Nutjired Kheowsakul[3]

Abstract

The objective of this research is 1) to create 2) to find the efficiency 3) to study the achievement of of 1-phase and 3-phase electrical system experiment sets for electrical circuit analysis course in Bachelor of Industrial Education Program and 4) to study the satisfaction of the learners with the experiments sets that we mention it.The sample used for this research was the 46 fresh man of industrial education program under Rajamangala University of Technology Srivijaya enrolled in the electrical circuit analysis course in academic year 2/2020 by using quota sample selection method. The instruments used in this research consisted of 1) 1-phase and 3-phase electrical system experiments 2) Quality assessment form for experiment with electrical system phase 1 and 3 by experts. 3) pre/post test and 5 worksheets during class and 4) a student satisfaction questionnaire. The data was analyzed using statistics, mean and standard deviation. Efficiency was determined using the E1 / E2 statistics and t-test.

The results of the research were as follows: 1) 1-phase and 3-phase electrical system experiment sets. Good quality ($\overline{X}$= 4.45, S.D. = 0.65) 2) The teaching and learning process using one-phase and three-phase electrical system experiments. It has an efficiency of 78/86, which is higher than the established benchmark, that is 75/75 3) The teaching and learning process was done by using one-phase and three-phase electrical system experiments. Have higher academic achievement With statistical significance at the .05 level and 4) The learners were satisfied with the teaching and learning process by using the 1-phase and 3-phase electrical system experiment sets with good level. ($\overline{X}$= 4.52, S.D. = 0.61)

Keywords: Electrical test kit, electrical circuit analysis**.**

[1-3]Lecturers in Electrical courses, Faculty of Industrial Education and Technology. Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2564 เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อก่อให้เกิดนวัตกรรมการเรียนการสอนแบบใหม่และเป็นสื่อการสอนสำหรับนักศึกษาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตลอดจนผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการนำไปใช้ประโยชน์ทางการศึกษา

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย ที่ให้ความเอื้อเฟื้อเรื่องสถานที่ ทั้งความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือพื้นฐาน ขอขอบคุณผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่ายที่ได้ให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัยที่อุทิศกำลังกายและกำลังใจช่วยในการทำวิจัยในครั้งนี้ลุล่วงได้ด้วยดี ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงาน ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ โอกาส นี้

นรงฤทธิ์ เสนาจิตร
กรภัทร เฉลิมวงศ์
นุชจิเรศ แก้วสกุล
มกราคม 2565

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ข
กิตติกรรมประกาศ ค
สารบัญ ง
สารบัญตาราง ฉ
สารบัญรูป ช
บทที่ 1 บทนำ
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย 1
1.2 วัตถุประสงค์ 2
1.3 สมมติฐานของการวิจัย 2
1.4 ขอบเขตการดำเนินงาน 2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
บทที่ 2 งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2.1 การหาประสิทธิภาพทางการเรียนของผู้เรียน 3
2.2 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน 3
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 6
2.5 พื้นฐานวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ 11
2.6 Loadทางไฟฟ้า 11
2.7 Power Factor 14
2.8 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Unbalance Voltage) 15
2.9 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า 22
2.10 วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ สตาร์ เดลต้า Star Delta 23
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน
3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น 25
3.2 กำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง 25
3.3 แผนการดำเนินงาน 26
3.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย 28
3.5 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 29
3.6 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมสเก็ตอัพ (SketchUp) 33
3.7 ออกแบบและสร้างตัวเครื่อง 37

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.8 อุปกรณ์ที่ใช้ 42
3.9 สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 49
3.10 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 54
3.11 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย 55

บทที่ 4 ผลการวิจัย
4.1 ผลการประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 58
4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 64
4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 65
4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 65

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
5.1 สรุปผลการวิจัย 68
5.2 อภิปรายผล 68
5.3 ข้อเสนอแนะ 69

บรรณานุกรม 70

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก 72
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของข้อสอบ 73
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 74
ข้อสอบแยกตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 75
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 80
ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ 88
แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การหาคุณภาพ 97
- แบบทดสอบก่อนเรียน 97
- แบบทดสอบหลังเรียน 99

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส 42
ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 64
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส 65

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 กราฟระบบไฟฟ้า 3 เฟส 11
รูปที่ 2.2 โหลดความต้านทานและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน 12
รูปที่ 2.3 โหลดตัวเหนี่ยวนำและและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน 13
รูปที่ 2.4 โหลดตัวเก็บประจุและและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน 13
รูปที่ 2.5 การใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) เพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 14
รูปที่ 2.6 Phase ของแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส 15
รูปที่ 2.7 การตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าในสายเฟสต่างๆ (Phase Conductors) และ สาย Neutral ที่ระบบมีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าชิด Three Phase และ Single Phase ต่ออยู่ร่วมในระบบเดียวกัน 17
รูปที่ 2.8 การเปรียบเทียบระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดสภาวะ Unbalance Case 1 Asymmetrical loads 18
รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดสภาวะ Unbalance Case 2 Symmetrical loads 19
รูปที่ 2.10 การติดตั้งระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรลงดินที่สาย Neutral 19
รูปที่ 2.11 การชำรุดของ Shunt Capacitor Bank ทำให้เกิดเรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 20
รูปที่ 2.12 จุดตรวจวัด เพื่อตรวจสอบสาเหตุของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล 20
รูปที่ 2.13 การตรวจสอบหาสาเหตุของกระแสไฟฟ้าไม่สมดดุล 21
รูปที่ 2.14 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า 22
รูปที่ 2.15 วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ สตาร์ เดลต้า Star Delta 24
รูปที่ 3.1 Flowchart แสดงขั้นตอนการดำเนินงาน 27
รูปที่ 3.2 กรอบแนวความคิดการสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส 29
รูปที่ 3.3 ลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า 30
รูปที่ 3.4 โวลต์มิเตอร์ 31
รูปที่ 3.5 แอมป์มิเตอร์ 31
รูปที่ 3.6 Power Factor 32
รูปที่ 3.7 Power meter 33
รูปที่ 3.8 ด้านหน้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส 34
รูปที่ 3.9 ชุดโต๊ะวางเครื่องมือวัด 35
รูปที่ 3.10 ด้านหน้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส 36
รูปที่ 3.11 รูปหน้าต่างโปรแกรมสาหรับออกแบบ สเก็ตอัพ (SketchUp) 36
รูปที่ 3.12 ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส 37
รูปที่ 3.13 Ac Voltmeter 38
รูปที่ 3.14 Ac Ammeter 38

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.15 Power Factor Meter 39
รูปที่ 3.16 Power Meter 39
รูปที่ 3.17 Inductive Load 40
รูปที่ 3.18 Resistive Load 40
รูปที่ 3.19 Capacitive Load 41
รูปที่ 3.20 Fuse 41
รูปที่ 3.21 วาริแอค ปรับค่าได้ 42
รูปที่ 3.22 Power Meter 43
รูปที่ 3.23 AC Ammeter Panel 5 A 43
รูปที่ 3.24 AC Voltmeter Panel 400 V 44
รูปที่ 3.25 Power Factor meter 44
รูปที่ 3.26 Digital Oscilloscope 45
รูปที่ 3.27 Digital Multimeter 45
รูปที่ 3.28 Power Supply 46
รูปที่ 3.29 สายไฟจั๊มเปอร์หัวเซฟตี้ 46
รูปที่ 3.30 ฟิวส์ 47
รูปที่ 3.31 โหลด Resistive 47
รูปที่ 3.32 โหลด Inductive 48
รูปที่ 3.33 โหลด Capacitor 48
รูปที่ 3.34 Digital Clamp Multimeter 49
รูปที่ 3.35 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส 51
รูปที่ 3.39 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ 53
รูปที่ 3.40 การทดลองใช้สื่อกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง 55
รูปที่ 3.41 การทดลองใช้สื่อการสอนกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง 55
รูปที่ 4.1 ชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส 59
รูปที่ 4.2 สายจั้มเบอร์หัวเซฟตี้ 59
รูปที่ 4.3 Digital Clamp Multimeter 59
รูปที่ 4.4 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ 60
รูปที่ 4.5 พาวเวอร์มิเตอร์ รุ่น YG899E-AS4 60
รูปที่ 4.6 AC Voltmeter 5 A 0-500 V 60
รูปที่ 4.7 AC Ammeter ขนาด 10 A ช่วง 0-10 A 61
รูปที่ 4.8 Power Factor Meter ขนาด 5 A ช่วง ± 1 61
รูปที่ 4.9 Resistive Load 40 W / 3 ชุด 61

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.10 Inductive Load ขนาด 40 W 220 V / 3 ชุด 62
รูปที่ 4.11 Capacitive Load ขนาด 7.5 μF 450 V / 3 ชุด 62
รูปที่ 4.12 Fuse ขนาด 5 A 62
รูปที่ 4.13 หม้อแปลงปรับค่าได้ (Variac) 63
รูปที่ 4.14 ผลการประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส 63
รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน 65

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการวิจัย

ในปัจจุบันการศึกษาได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วมีสื่อการเรียนการสอนในรูปแบบต่างๆ อย่างมากมาย เช่น หนังสือ วารสาร เว็บไซต์ โทรทัศน์ เป็นต้น ซึ่งทำให้ผู้เรียนสามารถค้นหาข้อมูลที่เกี่ยวกับการศึกษาด้วยตนเองได้อย่างสะดวกสบาย แต่ในสื่อการเรียนการสอนเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นการศึกษาในด้านทฤษฎีเพียงเท่านั้น ซึ่งการศึกษาทางด้านการได้ลงมือปฏิบัติมีน้อยมากเป็นเหตุทำให้ผู้เรียนขาดทักษะในด้านการลงมือปฏิบัติ แต่ในทางการศึกษาที่จะก่อให้เกิดประสิทธิภาพมากที่สุดจะต้องมีการเรียนรู้ทั้งในด้านทฤษฎีและปฏิบัติควบคู่กันไป โดยเฉพาะการเรียนในด้านวิศวกรรมเป็นการเรียนที่ยากต่อการทำความเข้าใจถ้าผู้เรียนได้ศึกษาแต่ในทางด้านทฤษฎีอย่างเดียวก็อาจจะทำให้ผู้เรียนไม่มีทักษะในด้านการปฏิบัติงานและไม่สามารถทำงานจริงได้ โดยเฉพาะงานทางด้านระบบไฟฟ้าที่มีความสำคัญและต้องเน้นความปลอดภัยเป็นสำคัญ ทำให้การลงเรียนภาคปฏิบัติการของนักศึกษา ต้องมีเครื่องมือหรือสื่อการสอนที่มีความพร้อมและสามารถทำความเข้าใจได้ง่าย นักศึกษามองเห็นภาพและสอดคล้องกับภาคทฤษฎีที่ได้เรียนรู้ควบคู่กัน โดยเน้นความปลอดภัยของผู้ทดลองเป็นสำคัญ ทั้งนี้เครื่องมือดังกล่าวที่เป็นสื่อทางด้านการเรียนการสอนทางด้านระบบไฟฟ้ามีตัวแทนจำหน่ายมากพอสมควร ซึ่งไม่ยากในการจัดหา แต่ที่สำคัญคือราคาของอุปกรณ์เครื่องมือดังกล่าวที่ใช้สำหรับการเรียนการสอนมีราคาแพงมาก ซึ่งจะต้องจัดสรรงบประมาณที่มากพอสมควรในแต่ละปีเพื่อวางแผนการจัดซื้อสื่อการเรียนการสอนสักชุด ซึ่งอาจเป็นเรื่องยากในสถานการณ์ปัจจุบันที่ทางมหาวิทยาลัยจะมีงบประมาณมากพอในการจัดซื้อสื่อการเรียนการสอนให้ครบตามเนื้อหาของหลักสูตรที่ได้วางไว้

ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยในหลักสูตรไฟฟ้า สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะคุรุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เห็นความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อตอบสนองนโยบายของมหาวิทยาลัย ตามยุทธศาสตร์ที่ 1 สร้างความโดดเด่นและความเป็นเลิศเฉพาะทางตามอัตลักษณ์เชิงพื้นที่ ภายใต้กลยุทธ์การพัฒนาความเป็นเลิศและโดดเด่นเฉพาะทางด้านการปฏิบัติ เพื่อนำเสนอโครงการวิจัยสื่อการเรียนการสอนทางด้านการปฏิบัติเกี่ยวกับชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 1 และ 3 เฟส สำหรับพัฒนากระบวนการส่งเสริมศักภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้า โดยประกอบด้วยชุดทดลองย่อยของระบบไฟฟ้า 1 และ 3 เฟส คือ ทดสอบระบบเมื่อรับภาระโหลดต่างๆ ทั้ง R , L และ C ซึ่งจะครอบคลุมเนื้อหาพื้นฐานที่ใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติของหลักสูตรและช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายแทนสื่อการเรียนการสอนที่มีราคาแพง อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มทักษะเพื่อพัฒนาความเป็นเลิศและโดดเด่นเฉพาะทางด้านการปฏิบัติให้กับผู้เรียน ทำให้ผู้เรียนสามารถนำเอาทักษะความรู้นี้ไปประยุกต์ใช้และปฏิบัติใช้งานจริงในการทำงานและการศึกษาในอนาคตต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1) เพื่อสร้างชุดสาธิตสำหรับการทดสอบระบบไฟฟ้า 3 เฟส สำหรับใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติระบบไฟฟ้าเพื่อส่งเสริมทักษะการปฏิบัติและการพัฒนาความเป็นเลิศและโดดเด่นเฉพาะทางด้านการปฏิบัติให้กับผู้เรียน

2) เพื่อหาประสิทธิภาพของการเรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 3 เฟส

3) เพื่อหาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 3 เฟส

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1) สร้างชุดต้นแบบสำหรับทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสโดยใช้โหลด R, L และ C ทดสอบที่พิกัดแรงดัน 220/380 โวลต์มีพิกัดกำลังไม่ต่ำกว่า 500 VA พร้อมชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้าระบบ 3 เฟส สำหรับห้องปฏิบัติการไฟฟ้า

2) ประสิทธิภาพของบทเรียนชุดต้นแบบสำหรับทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์เฉลี่ยร้อยละ 75/75

3) ความพึงพอใจของนักศึกษาในสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม หลักสูตรไฟฟ้าเมื่อได้ใช้ชุดต้นแบบสำหรับทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอน โดยภาพรวมไม่ต่ำกว่าระดับมาก

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ชุดสาธิตระบบไฟฟ้ากระแสสลับทั้ง 1 และ 3 เฟส เพื่อใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติและส่งเสริมศักภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้าให้สูงขึ้น

2) สามารถนำชุดสาธิตดังกล่าวมาใช้ในการเรียนการสอนเพื่อช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายในสื่อการเรียนการสอนที่มีราคาแพง

3) สามารถพัฒนาความเป็นเลิศและโดดเด่นเฉพาะทางด้านปฏิบัติของนักศึกษา หลักสูตรไฟฟ้า สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะคุรุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

1.5 ผลสำเร็จและความคุ้มค่าของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ

1) ได้ชุดสาธิตระบบไฟฟ้ากระแสสลับทั้ง 3 เรื่อง ครอบคลุมเนื้อหาพื้นฐานที่ใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติและส่งเสริมศักภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้าให้สูงขึ้น

2) ช่วยประหยัดค่าใช้จ่ายแทนสื่อการเรียนการสอนที่มีราคาแพง

3) สามารถพัฒนาความเป็นเลิศและโดดเด่นเฉพาะทางด้านปฏิบัติของนักศึกษา หลักสูตรไฟฟ้าสาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรม คณะคุรุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 2
งานวิจัยและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ทางคณะผู้จัดทำได้ออกแบบสร้างชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ขึ้นมาเพื่อให้นักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาไฟฟ้า วิชาโทไฟฟ้ากำลัง ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า เพื่อเพิ่มทักษะความรู้ทางด้านการปฏิบัติให้แก่นักศึกษา และเพื่อให้การสร้างชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ในครั้งนี้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานจึงมีการศึกษาข้อมูลจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงอุปกรณ์และทฤษฎีที่สอดคล้องดังนี้

2.1 การหาประสิทธิภาพทางการเรียนของผู้เรียน
2.2 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ
2.5 พื้นฐานวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ
2.6 Load ทางไฟฟ้า
2.7 Power Factor
2.8 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Unbalance Voltage)
2.9 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า
2.10 วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ สตาร์ เดลต้า Star Delta

2.1 การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

ณัฐกร สงคราม [6] การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการประเมินที่พิจารณาจากคะแนนการทำแบบทดสอบของผู้เรียนหลังจากที่ได้ทดลองเรียนรู้จากสื่อแล้ว ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าการแจกแจงค่าที (t - test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ใช้สูตรการคำนวณหาค่าทีแบบจับคู่ (Matched – paired t – test) โดยใช้สูตรดังนี้

สูตร
$$\frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2-(\sum D)^2}{n-1}}} \qquad \text{.....(1)}$$

โดยที่ $df = n-1$

D หมายถึง ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

N หมายถึง จำนวนคู่

2.2 การหาค่าประสิทธิภาพทางการเรียนของผู้เรียน

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลของการหาค่าประสิทธิภาพ

การหาค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้ E_1

มีสูตรการหา ดังนี้

$$E_1 = \frac{\sum X}{(\frac{N}{T})\times 100} \quad \text{.....(2)}$$

E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้

Ex คือ คะแนนรวม

N คือ จำนวนคน

T คือ คะแนนเต็ม

การหาค่าประสิทธิภาพหลังใช้ E_2

มีสูตรการหา ดังนี้

$$E_2 = \frac{\sum X}{(\frac{N}{T})\times 100} \quad \text{.....(3)}$$

E_2 คือ ค่าประสิทธิภาพหลังใช้

Ex คือ คะแนนรวม

N คือ จำนวนคน

T คือ คะแนนเต็ม

ค่าประสิทธิภาพจะเป็น E_1 / E_2 หลังจากได้ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนแล้วค่าประสิทธิภาพที่ได้จะต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 75/75 คือค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้ 75 และค่าประสิทธิภาพหลังใช้ 75 หากผ่านเกณฑ์ สรุปได้ว่าชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการพัฒนากระบวนการส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้าให้กับนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาไฟฟ้า

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สมพงษ์ แก้วหวัง และคณะ ได้ทำการวิจัยเรื่อง “การศึกษาประสิทธิภาพการจัดการเรียนรู้โดยใช้ชุดสาธิตการทางานของอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน สาหรับรายวิชาดิจิตอลพื้นฐาน เพื่อส่งเสริมทักษะการปฏิบัติ สาหรับนักศึกษาครูช่างอุตสาหกรรม” งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) สร้างชุดสาธิตการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน สาหรับรายวิชาดิจิตอลพื้นฐาน 2) หาประสิทธิภาพของการเรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน สาหรับรายวิชาดิจิตอลพื้นฐาน 3) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน สำหรับรายวิชาดิจิตอล 4) ศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน สาหรับรายวิชาดิจิตอลพื้นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แบบประเมินคุณภาพของชุดสาธิต 2)ใบงานระหว่างเรียนทั้งหมด 5 ใบงานในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ทั้งหมด 5 หน่วย 3) แบบทดสอบก่อนเรียน 4)แบบทดสอบหลังเรียน และ 5) แบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับผู้เรียน กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่นักศึกษาชั้นปีที่ 3 หลักสูตรสาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ที่

ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาดิจิตอลพื้นฐาน ในภาคการศึกษาที่ 1/2562 จำนวนทั้งหมด 30 คน ที่เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจงผลการวิจัยพบว่า 1) ชุดสาธิตการทางานอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน มีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก (X= 4.54 , SD = 0.57) 2) กระบวนการเรียนการสอนโดยใช้ชุดสาธิตการทำงานอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐานมีประสิทธิภาพร้อยละ 95/85 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์มาตรฐานไว้ที่กาหนดไว้ 75/75, 3) การเรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกเกตพื้นฐาน ทาให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของอุปกรณ์ลอจิกเกตโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี (X= 4.29 , SD = 0.88)

สัจพันธ์ จริงมาก และ ธเนศ ธนิตย์ธีรพันธ์ ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ “การพัฒนาชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเรื่องวงจร RLC สาหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์” งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดทดลองวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเรื่องวงจร RLC สำหรับการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ สาขาช่างอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสร้างความเข้าใจผ่านการปฏิบัติในลักษณะการสร้างเสริมการเรียนรู้เนื้อหาทางทฤษฎีแบบเดิมในชั้นเรียน ซึ่งเนื้อหาวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับเรื่องวงจร RLC ซึ่งนักศึกษาช่างอิเล็กทรอนิกส์มีโอกาสศึกษาน้อย โดยแบ่งเนื้อหาการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนแรกเป็นการออกแบบและสร้างชุดทดลอง ซึ่งเริ่มจากการวิเคราะห์เนื้อหาวิชาในหัวข้อวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ RLC เพื่อการกำหนดหัวข้อการทดลองโดยใช้ Topic Analysis จากนั้นก็กำหนดความสามารถและทักษะที่ต้องการในแต่ละหัวข้อโดยใช้ Objective Analysis แล้วทำการออกแบบขั้นตอนการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองด้วย Task Analysis จากนั้นออกแบบและสร้างชุดทดลองให้เหมาะสมสอดคล้องกับแนวทางการวิเคราะห์ข้างต้น

นงค์ เชื้อพราหมณ์ ได้ทำวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดสาธิตเพื่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาดิจิตอล โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดสาธิต และเพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาดิจิตอลเทคนิค โดยใช้ชุดสาธิตเป็นสื่อประกอบการเรียนการสอนวิชาดิจิตอลเทคนิค และศึกษาความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษา ที่มีต่อชุดสาธิต ในเรื่อง วงจรเข้ารหัส วงจรบวกลบเลขฐานสอง วงจรเปลี่ยนรหัส วงจรเปรียบเทียบข้อมูล วงจรบัฟเฟอร์ วงจรโมโนสเตเบิล วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา วงจรนับ วงจรมัลติเพล็กซ์ วงจรถอดรหัส วงจรขับและแสดงผลด้วยเซ่เวนเซ็กเมนต์ (7-Segment) พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการเรียนของนักศึกษากลุ่มที่ใช้ชุดสาธิตประกอบการสอนกับกลุ่มที่ไม่ใช้ชุดสาธิต ผลการวิจัยพบว่าผู้เชี่ยวชาญและนักศึกษามีความคิดเห็นต่อชุดสาธิตสอดคล้องกัน นั้นคือคุณภาพเหมาะสมอยู่ในเกณฑ์ “ดีมาก” และผลการเปรียบเทียบการสอบวัดความรู้ของนักศึกษาที่ใช้ชุดสาธิตประกอบการสอนสูงกว่านักศึกษาที่ไม่ใช้ชุดสาธิตประกอบการสอน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.05 ซึ่งเหมาะสมที่จะนาชุดสาธิตไปประยุกต์ใช้กับการเรียนการสอนวิชาดิจิตอลเทคนิคได้เป็นอย่างดี

อนันต์ เวทย์วัฒนะ, สมศักดิ์ เสนาภักดี และคณะ (2553) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ “ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าแบบ 1 เฟส และ 3 เฟส” ซึ่งเป็นงานปริญญานิพนธ์ของนักศึกษา โดยชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้าดังกล่าว จัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้ที่สนใจศึกษาในเรื่องของหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งประกอบไปด้วยส่วนที่เป็นชุดทดลอง ส่วนที่เป็นใบงานทดลอง และส่วนที่เป็นใบเฉลยการทดลอง โดยเป็นการทดสอบหาคุณสมบัติต่างๆ ของหม้อแปลงไฟฟ้ารวมไปถึงการทดลองในส่วนที่สำคัญที่ผู้ศึกษา

เรื่องหม้อแปลงไฟฟ้าจะต้องรู้ ซึ่งใบทดลองจะประกอบไปด้วย 4 ใบงานด้วยกัน ในส่วนของใบทดลอง 1เฟส ประกอบไปด้วย 3 ใบงาน และใบงานทดลอง 3 เฟส ประกอบไปด้วย 1 ใบงาน การดำเนินงาน การทำปริญญานิพนธ์เมื่อสิ้นสุดการดำเนินงานตามที่ได้ออกแบบไว้จะได้ชุดทดลองหม้อแปลงไฟฟ้า 1 เฟส ใบงานทดลองและบทเฉลยการทดลองเพื่อใช้ประกอบการศึกษาในเรื่องของหม้อแปลงไฟฟ้า

โอภาส รักษาบุญ และชัยยพล ธงชัยสุรัชต์กูล (2556) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับ “การพัฒนาชุดฝึกอบรมสำหรับการเรียนรู้แบบร่วมมือและแบบศูนย์การเรียน เรื่องการออกแบบตัวควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ” การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของชุดฝึกอบรม ชุดประลอง และรูปแบบ การให้การฝึกอบรม เรื่องการออกแบบตัวควบคุมการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ โดยการพัฒนากิจกรรมการฝึกอบรมด้วยรูปแบบการอบรมแบบร่วมมือและแบบศูนย์การเรียน CLCT (Collaborative and Learning Center Training) ภายใต้หลักการ ADDIE (Analyze-Design-Develop Implement-Evaluate) อาศัยข้อมูลจากการวิเคราะห์งานของพนักงาน จากงานวิจัย จากหลักสูตรเดิม จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ และการวิเคราะห์ความต้องการการฝึกอบรม จากอาจารย์ที่สอนด้านการขับเคลื่อนไฟฟ้า ศึกษาการพัฒนาความรู้และทักษะ ด้วยการเปรียบเทียบ ผลสมฤทธิ์ทางการเรียน ที่ได้จากการจัดกิจกรรมการให้การฝึกอบรมโดยจัดเป็นศูนย์การเรียนสามศูนย์ และศูนย์สำรองหนึ่งศูนย์และใช้ชุดประลองเป็นสื่อในการฝึกอบรม

2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Synchronous Generator)

ระบบไฟฟ้าที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันได้มาจากโรงต้นกำลัง (Power plant) ซึ่งเป็นแหล่งผลิตพลังงานไฟฟ้าอยู่ในความรับผิดชอบของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ทำหน้าที่ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับการไฟฟ้าภูมิภาค และการไฟฟ้านครหลวง เพื่อจำหน่ายให้กับบ้านพักอาศัย สำนักงาน หน่วยงานต่างๆ และโรงงานอุตสาหกรรม โรงต้นกำลังที่ผลิตพลังงานไฟฟ้านั้น มีทั้งโรงไฟฟ้าพลังงานความร้อน โรงไฟฟ้าพลังน้ำ โรงไฟฟ้ากังหันก๊าซ โรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โรงไฟฟ้านิวเคลียร์ และยังรวมถึงการผลิตไฟฟ้าจากพลังงานทดแทนอีกด้วย โดยภายในโรงงานไฟฟ้าแต่ละชนิดจะมีเครื่องจักรที่สำคัญทำหน้าที่ผลิตพลังงานไฟฟ้าส่งออกไปใช้งาน เรียกว่า เครื่องกำเนิดไฟฟ้า (Generator)

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นเครื่องกลที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยอาศัยการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กตามหลักการของ ไมเคิล ฟาราเดย์ โดยการหมุนตัดกันระหว่างขดลวดตัวนำกับสนามแม่เหล็ก พิกัดกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะบอกเป็นโวลต์-แอมป์ (VA) หรือกิโลโวลต์-แอมป์ (KVA) ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าปรากฏ (Apparent Power) ที่เครื่องจ่ายออกมา และสามารถแบ่งชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแต่ละประเภท ได้ดังนี้

2.4.1 ชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

การออกแบบสร้างเครื่องกำเนิดไฟฟ้าตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้เครื่องกำเนิดทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความเหมาะสมกับตัวต้นกำลังแต่ละชนิด เช่นเครื่องกังหันแบบต่างๆ มีขนาดกะทัดรัด ง่ายต่อการควบคุมและสะดวกต่อการบำรุงรักษานั่นเอง ซึ่งแบ่งได้ดังนี้

2.4.1.1 แบ่งตามจำนวนเฟสของระบบไฟฟ้า

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด 1 เฟส (Single Phase Generator) ให้แรงดันไฟฟ้าระบบ 1 เฟส 2 สาย (L,N) 220 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็กให้กำลังไม่เกิน 5 kVA หรือ 5 KW ใช้เครื่องยนต์ขนาดเล็กเป็นตัวต้นกำลัง ส่งกำลังโดยการต่อเพลาเข้าโดยตรงหรือใช้สายพานส่งกำลัง ส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานผลิตไฟฟ้าชั่วคราว ใช้เป็นไฟฉุกเฉิน หรืองานเฉพาะกิจที่ไม่สามารถใช้ไฟของการไฟฟ้าได้

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด 3 เฟส (Three Phase Generator) ให้แรงดันไฟฟ้าระบบ 3 เฟส 220/380 โวลต์ 50 เฮิรตซ์ หรือให้แรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้ไม่เกิน 20 กิโลโวลต์ มีขนาดตั้งแต่ 5 kVA ขึ้นไป ที่ขดลวดสเตเตอร์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้ มีขดลวด 3 ชุด แต่ละชุดวางมุมห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า

2.4.1.2 แบ่งตามลักษณะของขดลวดสนามแม่เหล็กที่กระทำกับขดลวดสเตเตอร์

1. เครื่องกำเนิดชนิดขดลวดสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ มีขดลวดสนามแม่เหล็กติดอยู่กับที่ที่โครงสเตเตอร์ เพื่อสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้วิ่งจากขั้วเหนือ (N) ไปยังขั้วใต้ (S) ส่วนขดลวดอาร์เมเจอร์ที่เป็นตัวหมุนจะเป็นตัวจ่ายไฟออกไปใช้งานผ่านทาง สลิปริง และแปรงถ่าน ส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิดขนาดเล็ก

2. เครื่องกำเนิดชนิดขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน มีขดลวดสนามแม่เหล็กที่สร้างขั้วเหนือ และใต้ เป็นตัวหมุน ส่วนขดลวดอาร์เมเจอร์ที่ผลิตไฟฟ้าออกไปใช้งานจะพันอยู่บนแกนเหล็กของโครงสเตเตอร์โดยไม่ต้องมีแปรงถ่านและสลิปริงสามารถรับพิกัดกระแสได้มากกว่าแบบแรก ส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิด ขนาดกลาง และใหญ่

2.4.1.3 แบ่งตามลักษณะการติดตั้ง

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเพลานอน หรือ แนวราบสังเกตที่เพลาโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดชนิดนี้จะติดตั้งหรือวางในแนวราบ มีการต่อเพลาโดยตรงเข้ากับตัวต้นกำลังที่เป็นเครื่องยนต์ หรือเครื่องกังหันแบบต่าง ๆ มีทั้งขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เป็นที่นิยมใช้งานกันทั่วไป

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเพลาตั้ง การติดตั้งจะวางเพลาโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดอยู่ในแนวตั้งขึ้น เช่น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ใช้กับเขื่อนต่าง ๆ โดยมีกังหันน้ำต่อเพลาเข้ากับโรเตอร์ของเครื่องกำเนิดในแนวตั้งให้ความเร็วรอบของการหมุนต่ำ

2.4.1.4 แบ่งตามพิกัดกำลังใช้งาน

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดเล็ก ส่วนมากจะเป็นเครื่องกำเนิดชนิด 1 เฟส ให้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ มีขนาดไม่เกิน 5 KVA มีจำหน่ายตามท้องตลาดทั่วไป ใช้ผลิตไฟฟ้าชั่วคราว ใช้เป็นไฟฉุกเฉิน และใช้กับงานเฉพาะกิจ

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดกลาง เป็นเครื่องกำเนิดที่จ่ายระบบไฟ 3 เฟส ให้แรงดันไฟฟ้า 220 /380โวลต์ มีขนาดตั้งแต่ 5 KVA ถึง 500 KVA ใช้เป็นเครื่องสำรองไฟให้กับโรงพยาบาล โรงแรม ศูนย์การค้า ธนาคาร และโรงงานอุตสาหกรรม ในกรณีที่ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าไม่สามารถจ่ายไฟได้ อาจจะให้เครื่องกำเนิดเริ่มเดินด้วยมือ(Manual) หรือให้เริ่มเดินแบบอัตโนมัติ แบบใช้ทรานส์เฟอร์สวิตช์ (Transfer switch) ทำหน้าที่ถ่ายโอนระบบไฟฟ้าของเครื่องสำรองไฟและระบบจำหน่ายของการไฟฟ้าเข้ากับโหลด

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าขนาดใหญ่ มีขนาดตั้งแต่ 500 KVA เป็นต้นไป ส่วนมากจะใช้เป็นกำลังหลักในการผลิตไฟฟ้าของโรงต้นกำลัง เช่น โรงงานไฟฟ้าพลังงานความร้อน พลังน้ำ กังหันแก๊ส และโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม โดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าได้ประมาณ 20 KV เข้าสู่ระบบสายส่งแรงสูงของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย หรือใช้ในการผลิตไฟฟ้าเพื่อเชื่อมต่อให้กับระบบจำหน่าย 22 KV ของการไฟฟ้าภูมิภาค

2.4.1.5 แบ่งตามพลังงานกลที่ใช้ขับเครื่องกำเนิด

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันไอน้ำเป็นตัวต้นกำลัง โดยการนำเอาไอน้ำที่มีความดันสูงและอุณหภูมิสูง (Supper heat) จากหม้อไอน้ำ (Boiler) ไหลผ่านวาล์วของระบบควบคุม และเมื่อไอน้ำไหลเข้าไปในกังหันไอน้ำ (Stream Turbine) ที่มีลักษณะเป็นซี่ๆ ทั้งชุดความดันต่ำและชุดความดันสูง ความดันของไอน้ำจะลดลงและเกิดการขยายตัวทำให้ปริมาตรของไอน้ำเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ความเร็วในการไหลของไอน้ำสูงขึ้นและเมื่อไปปะทะกับใบพัดจำนวนหลายชุดที่ติดอยู่ที่เพลา ก็จะผลักให้เพลาของกังหันหมุนก่อให้เกิดกำลังกลและไปหมุนขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าผลิตไฟออกมา

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันน้ำเป็นตัวต้นกำลัง กังหันชนิดนี้จะมีใช้งานกับเขื่อนต่างๆ เช่น เขื่อนภูมิพล เขื่อนสิริกิตติ์ เขื่อนวชิรลงกรณ์ เขื่อนอุบลรัตน์ ฯลฯ มีทั้งแบบ คาปลาน (kaplan), ฟรานซิส (Francis), เทอบูล่าร์ (Tubular), เตอร์โก (Turgo) และ เพลตอน (Pelton) การทำงานอาศัยพลังงานจลน์ของแรงดันน้ำที่เกิดจากความต่างระดับของน้ำเหนือเขื่อน และท้ายเขื่อน ฉีดไปที่ใบพัดของกังหันน้ำ ทำให้เกิดการหมุนในแนวแกน เพื่อขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดผลิตไฟฟ้า ซึ่งให้ความเร็วรอบของการหมุนต่ำ

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันก๊าซเป็นตัวต้นกำลัง การทำงานของเครื่องกังหันก๊าซ โดยมีเครื่องอัดอากาศ(Compressor)ต่ออยู่บนเพลาเดียวกับชุดกังหันและต่อตรงไปยังเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อเริ่มเดินเครื่องอากาศจะถูกดูดจากภายนอกเข้าหาเครื่องอัดอากาศทางด้านล่าง ถูกอัดจนมีความดันและอุณหภูมิสูงประมาณ 8-10 เท่า แล้วถูกส่งไปยังห้องเผาไหม้ ซึ่งใช้เชื้อเพลิงเป็นก๊าซธรรมชาติ (หรือน้ำมันดีเซล)จะถูกเผาไหม้และให้ความร้อนแก่อากาศ ก๊าซร้อนที่ออกจากห้องเผาไหม้จะถูกส่งไปยังกังหัน ทำให้กังหันหมุนเกิดงานขึ้น ไปขับเครื่องอัดอากาศและขณะเดียวกันก็ขับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าด้วย ความดันของก๊าซเมื่อผ่านตัวกังหันจะลดลงและผ่านออกมาที่บรรยากาศ

4. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดใช้กังหันลมเป็นตัวต้นกำลัง กังหันลมที่ใช้ผลิตไฟฟ้าเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่ง ซึ่งลมเป็นแหล่งพลังงานที่สะอาด สามารถใช้ได้อย่างไม่มีวันหมด หลักการทำงานเมื่อมีลมพัดมาปะทะกับใบพัดของกังหันลม กังหันลมจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมที่อยู่ในรูปของพลังงานจลน์ไปเป็นพลังงานกล โดยการหมุนของใบพัด แรงจากการหมุนของใบพัดนี้ จะถูกส่งผ่านแกนหมุนทำให้เพลาที่ติดอยู่กับแกนหมุนของเครื่องกำเนิดเพื่อผลิตไฟฟ้า ซึ่งกังหันลมที่ใช้ในการผลิตไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ แบบแกนเพลาแนวนอน และแบบแกนเพลาแนวตั้ง

2.4.1.6 แบ่งตามลักษณะการนำไปใช้งาน

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดสำรอง (Standby Generator Type) เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะใช้เป็นกำลังสำรองเมื่อไฟฟ้าหลักดับไป เป็นเวลาไม่นานนัก ซึ่งมีไว้สำหรับใช้เมื่อมีความจำเป็นหรือกรณีฉุกเฉิน ความสำคัญของเครื่องกำเนิดจึงอยู่ที่ความพร้อมใช้งานเป็นหลัก ใช้สำหรับอาคารสูง โรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการผลผลิตอย่างต่อเนื่อง เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะต้องตอบสนองความต้องการได้

อย่างรวดเร็ว มีความเที่ยงตรงแม่นยำ และออกแบบให้ใช้งานเต็มกำลังของเครื่องยนต์เพื่อใช้ขับเคลื่อนเครื่องกำเนิด และเครื่องกำเนิดชนิดนี้จะไม่สามารถจ่ายโหลดเกินกำลังได้ ชั่วโมงการทำงานจะต้องไม่เกินพิกัดของผู้ผลิตเครื่องยนต์ เช่นกำหนดไว้ไม่เกิน 150 หรือ 200 ชั่วโมงต่อปี และการเดินเครื่องแต่ละครั้งจะต้องอยู่ในข้อกำหนดของผู้ผลิตด้วย เช่น ในรอบเดินเครื่อง 12 ชั่วโมง ต้องหยุด 1 ชั่วโมง เป็นต้น

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดสำรองต่อเนื่อง (Continuous Generator Type) ใช้เป็นกำลังสำรองแต่สามารถใช้งานได้อย่างต่อเนื่องเมื่อไฟฟ้าหลักดับ เช่น กรณีที่ไฟฟ้าหลักดับนานเกิน 12 ชั่วโมง ใช้กับโหลดที่มีกระแสเริ่มเดินสูง เครื่องกำเนิดชนิดนี้จะมีขีดความสามารถสูงกว่าแบบแรกและราคา แพงกว่า เนื่องจากการออกแบบจะต้องเลือกเครื่องยนต์ที่มีกำลังหรือแรงม้าที่มากพอ และสามารถรับโหลดเกินกำลังได้ 10 % ตามมาตรฐาน IEC และมาตรฐานอื่นๆ การทำงานจะเป็นลักษณะ

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดจ่ายกำลังหลัก (Base load Generator) เป็นเครื่องที่ใช้งานจ่ายกำลังไฟฟ้าหลัก สามารถใช้อย่างต่อเนื่องโดยไม่จำกัดชั่วโมงการทำงาน พิกัดของเครื่องจะต้องรับโหลดเป็น 70 % ของเครื่องชนิดสำรอง และ 60 % ของเครื่องชนิดสำรองต่อเนื่อง เครื่องชนิดนี้มักจะใช้ในเกาะ หรือสถานที่ใช้ไฟฟ้าชั่วคราว เช่น แท่นขดเจาะน้ำมัน แคมป์งานก่อสร้าง ฯลฯ บางครั้งจะต้องติดตั้งเครื่องกำเนิดไฟฟ้าพร้อมกัน 2 เครื่อง แล้วสลับกันทำงาน เพื่อให้มีความสะดวกต่อการบำรุงรักษาตามช่วงเวลาที่กำหนด

2.4.1.6 แบ่งตามลักษณะการออกแบบ

1. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเปลือยติดตั้งอยู่กับที่ (Bare Generator) เป็นชนิดที่นิยมใช้งานกันโดยทั่วไป เครื่องยนต์ที่เป็นต้นกำลังและเครื่องกำเนิดจะเป็นชนิดเปลือย มีชุดควบคุมติดตั้งอยู่ด้านท้ายของเครื่องกำเนิด มีขนาดใหญ่และน้ำหนักมากจึงไม่นิยมเคลื่อนย้าย

2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดตู้ครอบเก็บเสียง (Canopied and Sound Proof) เป็นชนิดที่ต้องการย้ายพื้นที่การใช้งานบ่อยๆ หรือต้องการเก็บเสียงหรือพื้นที่ที่ไม่มีห้องสำหรับติดตั้งเครื่องกำเนิด ส่วนประกอบที่สำคัญทั้งหมดจะถูกออกแบบให้อยู่ในตู้ครอบ เช่น ถังน้ำมันเชื้อเพลิง ชุดควบคุมสตาร์ตอัตโนมัติ และสวิตช์ถ่ายโอนกระแสไฟฟ้า

3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดเคลื่อนย้าย (Mobile Generator Trailer) เครื่องกำเนิดชนิดนี้ใช้ในสถานที่ชั่วคราว เช่น งานพิธีการต่างๆ งานกู้ภัย งานเฉพาะกิจภาคสนาม สามารถเคลื่อนย้ายนำไปใช้งานในสถานที่ต่างๆ ได้ มีทั้งชนิดลากจูง (Trailer) และแบบบรรทุกบนรถยนต์ (Mobile Generator)

2.4.2 โครงสร้างและส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ซึ่งในที่นี้จะพิจารณาเฉพาะเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน ซึ่งประกอบด้วยส่วนที่อยู่กับที่ (Stator) ส่วนที่หมุน (Rotor) ขดลวดแดมเปอร์และชุดเอ็กไซเตอร์

2.4.2.1 ส่วนที่อยู่กับที่หรือขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature winding)

1. ขดลวดอาร์เมเจอร์จะพันอยู่ในร่องของแกนเหล็กแผ่นบาง ๆ อัดซ้อนกันเป็นเหล็กอ่อนผสมสารซิลิกอน เพื่อลดการสูญเสียเนื่องจากกระแสไหลวน (Eddy Current) และลดการสูญเสียเนื่องจากฮีสเตอร์ริซีส (Hysteresis) ขดลวดอาร์เมเจอร์มีอยู่ด้วยกัน 3 ชุด (เฟส A, B, C) แต่ละชุดวางมุมห่างกัน 120 องศาทางไฟฟ้า มีลักษณะการพัน 2 แบบ คือ พันขดลวดแบบชั้นเดียว จำนวนคอยล์

ต่อกรุ๊ปจะเท่ากับครึ่งหนึ่งของจำนวนขั้วแม่เหล็ก และการพันขดลวดแบบสองชั้น มีจำนวนคอยล์ต่อกรุ๊ปเท่ากับจำนวนขั้วแม่เหล็ก ในการต่อขดลวดอาร์เมเจอร์เพื่อใช้งาน สามารถต่อได้ทั้งแบบสตาร์ (Star) และแบบเดลตา (Delta) เพื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าออกสู่วงจรภายนอก และมีอยู่ส่วนหนึ่งที่ใช้สำหรับกระตุ้นให้กับตัวเอง

2. ส่วนที่หมุน หรือขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating field winding) ส่วนที่หมุนจะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็ก (ขั้ว N, S) จากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้ากระแสตรงของตัวเอ็กไซเตอร์(Exciter) ขดลวดสนามแม่เหล็กที่พันอยู่บนแกนเหล็กของโรเตอร์จะมีลักษณะเป็นขั้วๆ 2 ขั้ว 4 ขั้ว หรือ 24 ขั้ว ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการออกแบบให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าทำงานมีความเร็วรอบของการหมุนเท่าใดเช่นเครื่องกำเนิดชนิด 2 ขั้วแม่เหล็ก จะต้องใช้กำลังกลหมุนขับให้มีความเร็วรอบ 3,000 รอบต่อนาที เครื่องกำเนิดชนิด 4 ขั้วแม่เหล็กต้องใช้กำลังกลหมุนขับให้มีความเร็วรอบ 1,500 รอบต่อนาที เป็นต้น ขดลวดสนามแม่เหล็กหมุนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามี 2 แบบ คือ แบบขั้วแม่เหล็กเรียบทรงกระบอก (Cylindrical Rotor) และแบบขั้วแม่เหล็กยื่น (Salient pole Rotor) โรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กเรียบรูปทรงกระบอก จะใช้กับเครื่องกำหนดที่มีความเร็วรอบสูง 1,500 และ 3,000 รอบต่อนาที ใช้ร่วมกับตัวต้นกำลังที่เป็นกังหันไอน้ำ และกังหันก๊าซ โรเตอร์แบบนี้จะทำให้เกิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางต่ำ และลดการสูญเสียเนื่องจากแรงต้านจากลม ส่วนโรเตอร์แบบขั้วแม่เหล็กยื่น ขดลวดที่พันอยู่บนแกนเหล็กจะมีลักษณะเป็นโพลยื่นออกมาเห็นได้ชัดเจน เหมาะสำหรับเครื่องกำเนิดที่ถูกขับด้วยความเร็วต่ำและปานกลาง ใช้ตัวต้นกำลังที่เป็นกังหันน้ำของเขื่อนต่าง ๆ และเครื่องยนต์ดีเซลความเร็วต่ำ

3. ขดลวดแดมเปอร์ (Damper Winding) ขดลวดแดมเปอร์มีลักษณะเป็นแท่งทองแดงฝังอยู่ที่ผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กทุกขั้ว ปลายของแท่งทองแดงจะถูกลัดวงจรเชื่อมต่อถึงกันหมดทุกขั้ว มีไว้สำหรับแก้การแกว่งหรือการสั่นของโรเตอร์ขณะที่โรเตอร์กำลังหมุนอยู่ ซึ่งการสั่นของโรเตอร์เกิดขึ้นเนื่องจากความเร็วรอบของต้นกำลังไม่สม่ำเสมอ นั่นเอง

4. เอ็กไซเตอร์ (Exciter) มีลักษณะเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงขนาดเล็กที่ติดตั้งอยู่ที่ปลายเพลาของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทำหน้าที่ผลิตและจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงป้อนให้กับขดลวดสนามแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ เครื่องกำเนิดขนาดใหญ่จะใช้เอ็กไซเตอร์ชนิดไร้แปรงถ่าน และแบบมีไพล๊อตรวมอยู่ด้วย เพื่อต้องการลดการบำรุงรักษา เนื่องจากไม่มีแปรงถ่านและสลิปริง และไม่ให้อำนาจแม่เหล็กตกค้างหมดในขณะที่เครื่องหยุดเดินเป็นเวลานาน

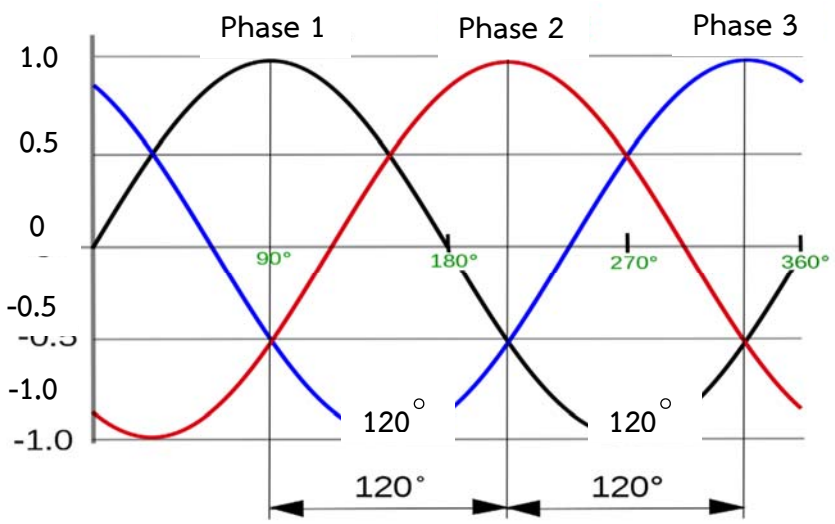
จากที่กล่าวมาแล้ว เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซึ่งเป็นเครื่องจักรที่มีความสำคัญอย่างยิ่งส่วนหนึ่งของโรงต้นกำลังที่ใช้ผลิตกระแสไฟฟ้า เพื่อป้อนเข้าสู่ระบบสายส่งของการไฟฟ้า จ่ายไฟให้กับบ้านพักอาศัย อาคาร สำนักงาน และโรงงานอุตสาหกรรม และยังใช้เป็นเครื่องสำรองไฟฟ้าในกรณีที่ไฟฟ้าหลักไม่สามารถจ่ายไฟได้ และใช้กับงานเฉพาะกิจต่าง ๆ การพิจารณาเลือกใช้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจึงเป็นหน้าที่ของวิศวกร หรือที่ปรึกษาโรงงานจะต้องเลือกให้ตรงตามวัตถุประสงค์ มีความเหมาะสมกับประเภทของงาน ลักษณะการทำงานและระยะเวลาในการเดินเครื่องทำงานรวมทั้งการวางแผนในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันการบำรุงรักษาเชิงปรับปรุงแก้ไข และการบำรุงรักษาตามสภาพ เพื่อให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ใช้งานได้เต็มประสิทธิภาพ

2.5 พื้นฐานวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่ควรทราบ

2.5.1 ระบบไฟฟ้าแบ่งได้เป็น 2 ระบบ ดังนี้

2.5.1.1 ระบบไฟฟ้า 1 เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายไฟฟ้าจำนวน 2 เส้น เส้นที่มีไฟเรียกว่าสายไฟหรือสายเฟส หรือสายไลน์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร L (Line) เส้นที่ไม่มีไฟเรียกว่าสายนิวทรอล หรือสายศูนย์ เขียนแทนด้วยตัวอักษร N (Neutral) ทดสอบ ได้โดยใช้ไขควงวัดไฟ เมื่อใช้ไขควงวัดไฟแตะสายเฟส หรือสายไฟ หรือสายไลน์ หลอดไฟเรืองแสงที่อยู่ภายไขควงจะติด สำหรับสายนิวทรอล หรือสายศูนย์ จะไม่ติด แรงดันไฟฟ้าที่ใช้มีขนาด 220 โวลท์ (Volt) ใช้สำหรับบ้านพักอาศัยทั่วไปที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่มากนัก

2.5.1.2 ระบบไฟฟ้า 3 เฟส คือระบบไฟฟ้าที่มีสายเส้นไฟจำนวน 3 เส้น และสายนิวทรอล 1 เส้น จึงมีสายรวม 4 เส้น ระบบไฟฟ้า 3 เฟส สามารถต่อใช้งานเป็นระบบไฟฟ้า 1 เฟส ได้โดยการต่อจากเฟสใดเฟสหนึ่งและสายนิวทรอลอีกเส้นหนึ่ง แรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสเส้นใดเส้นหนึ่งกับสายนิวทรอลมีค่า 220 โวลท์ และแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายเฟสด้วยกันมีค่า 380 โวลท์ ระบบนี้จึงเรียกว่าระบบไฟฟ้า 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลท์ ระบบนี้มีข้อดีคือสามารถจ่ายกระแสไฟฟ้าได้มากกว่าระบบ 1 เฟส ถึง 3 เท่า จึงเหมาะสมกับสถานที่ที่ต้องการใช้ไฟฟ้ามากๆ เช่น อาคารพาณิชย์ โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็ก เป็นต้น



รูปที่ 2.1 กราฟระบบไฟฟ้า 3 เฟส

2.6 Load ทางไฟฟ้า

โหลดที่เราใช้ในระบบไฟฟ้ามีด้วยกันหลากหลายประเภท ซึ่งสามารถจำแนกโหลดพื้นฐานเป็น 3 กลุ่ม ด้วยกันดังนี้คือ Load ประเภท Resistive (R), Inductive (L) และ Capacitive (C)

โหลดความต้านทาน (Resistive Load, R)

- Load ประเภท Resistive หรือ ความต้าน จะมีค่า Power Factor เป็นหนึ่งอันได้แก่ หลอดไฟฟ้าแบบใส้ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ถ้าหน่วยงานหรือองค์กร มี Load ประเภทนี้เป็นจำนวนมาก ก็ไม่จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor

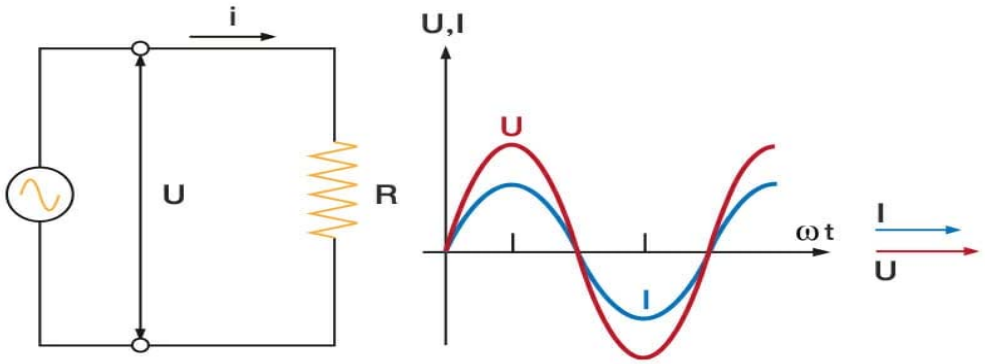
- Load ประเภท Inductive หรือ ความเหนี่ยวนำ จะมีค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่งอัน ได้แก่ เครื่องใช้ไฟฟ้าที่ใช้ขดลวด เช่น มอเตอร์บาลาสก์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอดแกสดิสชาร์จ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น จะเห็นได้ว่าหน่วยงานหรือองค์กรส่วนใหญ่ จะหลีกเลี่ยงLoad ประเภทนี้ไม่ได้ และมีเป็นจำนวนมาก ซึ่งจะทำให้ ค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง และ Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor ล้าหลัง (Lagging) จำเป็นที่จะต้องปรับปรุงค่า Power Factor โดยการนำ Load ประเภทให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) มาต่อเข้าในวงจรไฟฟ้าของระบบ เช่น การต่อชุด Capacitor Bank เข้าไปในชุดควบคุมไฟฟ้า

- Load ประเภท Capacitive หรือ Load ที่มีตัวเก็บประจุ (Capacitor) เป็นองค์ประกอบ Load ประเภทนี้ จะมีใช้น้อยมาก จะมีค่า Power Factor ไม่เป็นหนึ่ง Load ประเภทนี้จะทำให้ค่า Power Factor นำหน้า (Leading) คือกระแสจะนำหน้าแรงดัน จึงนิยมนำ Load ประเภทนี้มาปรับปรุงค่า Power Factor ของระบบที่มีค่า Power Factor ล้าหลัง เพื่อให้ค่า Power Factor มีค่าใกล้เคียงหนึ่ง

โหลด R, L และ C มีผลอย่างไรต่อค่า Power Factor

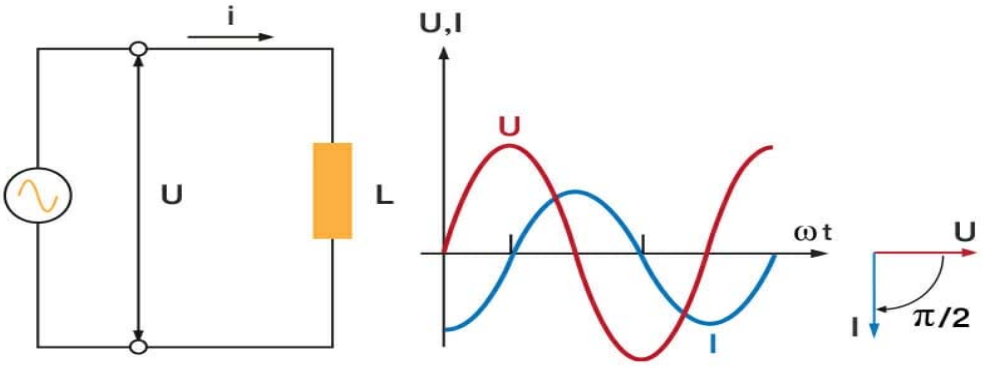
โหลดที่เราใช้ในระบบไฟฟ้ามีด้วยกันหลากหลายประเภท ซึ่งโหลดแต่ละประเภทก็จะส่งผลต่อระบบไฟฟ้าของเราแตกต่างกัน ซึ่งสามารถจำแนกโหลดพื้นฐานเป็น 3 กลุ่ม ด้วยกันดังนี้คือ Load ประเภท Resistive (R), Inductive (L) และ Capacitive (C) โหลดความต้านทาน (Resistive Load, R)

- โหลดความต้าน เช่น หลอดไฟฟ้าแบบใส้ เตารีดไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เครื่องทำน้ำอุ่น เป็นต้น ซึ่งเป็นโหลดที่ทำให้ค่า Power Factor เท่ากับ 1 ซึ่งหากพิจารณาจากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันของโหลดประเภทนี้แล้วนั้น กระแสและแรงดันมีมุมเฟสทางไฟฟ้าเดียวกัน ทำให้ไม่มีการใช้พลังงานรีแอคทีฟและไม่เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบ



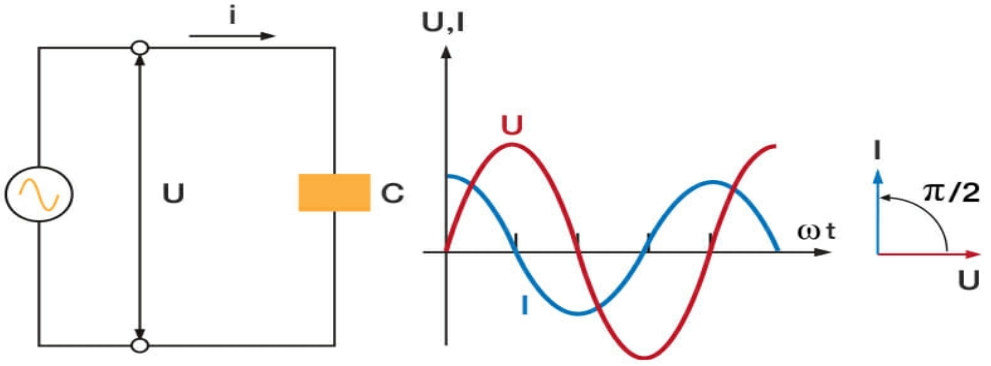
รูปที่ 2.2 โหลดความต้านทานและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน

- โหลดตัวเหนี่ยวนำ (Inductive Load, L) โหลดตัวเหนี่ยวนำเป็นโหลดที่ทำให้ค่า Power Factor ไม่เท่ากับ 1 เช่น มอเตอร์ บัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์ เครื่องปรับอากาศ เป็นต้น ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะโหลด L จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันแล้วนั้น กระแสที่สร้างขึ้นจะล้าหลังแรงดันอยู่ 90 ° เสมอหรือเกิดมุมทางไฟฟ้าต่างกัน (Phase-Shifted) กระแสตามหลังแรงดันอยู่ 90 ° ซึ่งหลายคนอาจจะรู้จักโหลดประเภทนี้เป็นแบบ Power Factor Lagging (ล้าหลัง)



รูปที่ 2.3 โหลดตัวเหนี่ยวนำและและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน

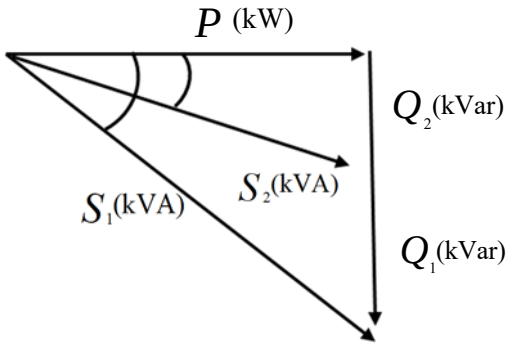
- โหลดตัวเก็บประจุ (Capacitive Load, C) โหลดตัวเก็บประจุเป็นโหลดที่ทำให้ค่า Power Factor ไม่เท่ากับ 1 เช่นกัน ส่วนใหญ่ในอุตสาหกรรมจะเป็น Capacitor Bank ซึ่งหากพิจารณาเฉพาะโหลด C จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดันแล้วนั้น กระแสที่สร้างขึ้นจะนำหน้าแรงดันอยู่ 90 ° เสมอหรือเกิดมุมทางไฟฟ้าต่างกัน (Phase-Shifted) กระแสนำหน้าแรงดันอยู่ 90 ° ซึ่งหลายคนอาจจะรู้จักโหลดประเภทนี้เป็นแบบ Power Factor Leading (นำหน้า)



รูปที่ 2.4 โหลดตัวเก็บประจุและและกราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสกับแรงดัน

2.7 Power Factor

โดยทั่วไปอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ในอาคารหรือโรงงานนั้นต้องอาศัยทั้งกำลังไฟฟ้าจริง (Real Power) และกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (Reactive Power) เพื่อใช้ในการทำงาน ค่าสัดส่วนของกำลังไฟฟ้าทั้งสองชนิดดังกล่าวบ่งบอกถึงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิดหรือของอาคารหรือโรงงานโดยรวม ตามปกติหากค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Power Factor) มีค่าต่ำย่อมหมายความว่า กำลังไฟฟ้ารวม (Total or Apparent Power) มีค่าสูงขึ้นอันเนื่องมาจากการที่มีกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟสูงขึ้น ในขณะที่กำลังไฟฟ้าจริงที่ก่อให้เกิดงานมีค่าเท่าเดิม (ตัวประกอบกำลังลดลง กระแสไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น) ซึ่งถือได้ว่าเป็นความสูญเสียของระบบจ่ายไฟฟ้า ด้วยเช่นกันหากโรงงานอุตสาหกรรมใด มีอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เป็นโหลดแบบเหนี่ยวนำ (Inductive Load) หรือเป็นโหลดแบบเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitive Load) ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียง อย่างเดียว จะทำให้ค่าตัว ประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ แต่ถ้านำอุปกรณ์สองประเภทนี้มาใช้ร่วมกันในอัตราที่เหมาะสม จะทำให้ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าสูงถึง 95-100% ซึ่งวิธีนี้ เรียกว่า วิธีการแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า การแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าก็คือการเพิ่มค่า COSθ หรือลดมุม θ ที่แตกต่างกันระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อเพิ่มค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ ให้ใกล้เคียง 1 มากที่สุด (Power Factor = 1.0 คือค่าที่ดีที่สุด เสมือนกับว่าระบบไฟฟ้าสามารถใช้ให้เกิดประโยชน์ได้เต็ม 100%)



รูปที่ 2.5 การใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) เพื่อเพิ่มค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

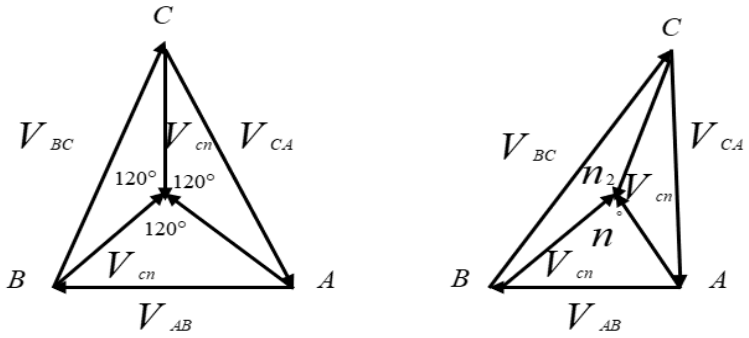
โดยทั่วไปสามารถแก้ไขค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นโดยการใช้ตัวเก็บประจุไฟฟ้า (Capacitor) ต่อเข้าไปในระบบไฟฟ้า โดยเป็นการเพิ่มกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟ (มีหน่วยเป็น kVar) ที่เข้าไปหักล้างกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟเดิม (Q1) ให้ลดลงเหลือเป็นกำลังไฟฟ้ารีแอคทีฟใหม่ (Q2) ซึ่งทำให้ผลรวมของกำลังไฟฟ้าทั้งหมด (S2) มีค่าลดลงจากเดิม (S1)

2.7.1 ประโยชน์ของการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (PF) ให้เหมาะสม

- ลดรายจ่ายค่าปรับเพาเวอร์แฟคเตอร์จากการไฟฟ้าฯ
- ช่วยลดโหลดของหม้อแปลง
- ลดค่าไฟฟ้าที่สูญเสียไปในรูปของความร้อน ในสายไฟ และหม้อแปลง

2.8 แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล (Unbalance Voltage)

โดยทั่วไปผู้ที่ใช้อุปกรณ์ชนิด 3 เฟส (Three Phase) คาดหวังว่าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากการไฟฟ้าจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่มีขนาดและมีมุมระหว่างเฟสของแรงดันที่เท่ากัน ดังรูปที่ 1 a) จะเห็นว่าขนาดของแรงดันไฟฟ้าระหว่าง Phase-to-Phase จะมีค่าเท่ากันและมุมระหว่างเฟสจะห่างกัน 120 องศา ทางไฟฟ้า และในขณะเดียวกันแรงดันระหว่างเฟสทั้งสาม เมื่อเทียบกับจุดเป็นกลาง (Neutral) ก็จะมีความสมดุลกันด้วยเช่นกัน หรืออาจกลล่าวได้ว่ามีความสมดุลกันทั้งสามเฟสนั่นเอง



a) Symmetrical Phasor Diagram of a.c. Voltage

b) Asymmetrical Phasor -to - Phasor Voltage

รูปที่ 2.6 Phase ของแรงดันไฟฟ้าทั้ง 3 เฟส
(a ในสภาวะสมดุล (Symmetrical) และ (b สภาวะไม่สมดุลกัน (Asymmetrical)

แต่ถ้าหากแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสทั้ง 3 ไม่สมดุลกัน (Phase-to-Phase Voltage Unbalance) ดังรูปที่ 2.6 b) จะเห็นว่าค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างเฟสทั้ง 3 ไม่สมดุลกันทั้งขนาดและมุมมีผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้า เกิดความไม่สมดุลกันทั้งขนาดและมุม มีผลทำให้ค่าแรงดัน Phase-to-Neutral เกิดความไม่สมดุลตามไปด้วย ดังจะเห็นว่าจุดเป็นกลาง n (Neutral Point) จะเคลื่อนที่ไปอยู่ที่ตำแหน่ง n2แทน ซึ่งผลของการเกิดแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลกันในลักษณะเช่นนี้ จะทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟส เช่น Induction Motor. Adjustable Speed Drives (ADS) มีประสิทธิภาพลดลงเสียหายหรือหยุดการทำงานได้ โดยการหาค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลสามารถคำนวณได้จาก

$$\%Unbalance = \frac{Maximumdeviationfromtheaverage}{Averageofthethreephase-to-phase-voltagos} x100 \quad .....(4)$$

$$Example..... Vab=395\,Voll\ ,Vbc=390\,Voll\ ,Vca=398\,Voll$$

$$V_{averaga}=\frac{396+394+398}{3} = 395.66$$

$$\%V_{Unbalance}=\frac{(398-39568)x100}{3} = 0.59$$

$$\%\ V_{Unbalance} = \frac{negative - sequance - voltage}{positive - sequance - voltage} x100\% \quad \text{.....(5)}$$

$$Positive - Sequence - Voltage \quad = 385 \quad Volt$$

$$Negative - Sequence - Voltage \quad = 2.5 \quad Volt$$

$$\%Unbalance \quad Voltage = \frac{2.5x100\%}{385}$$

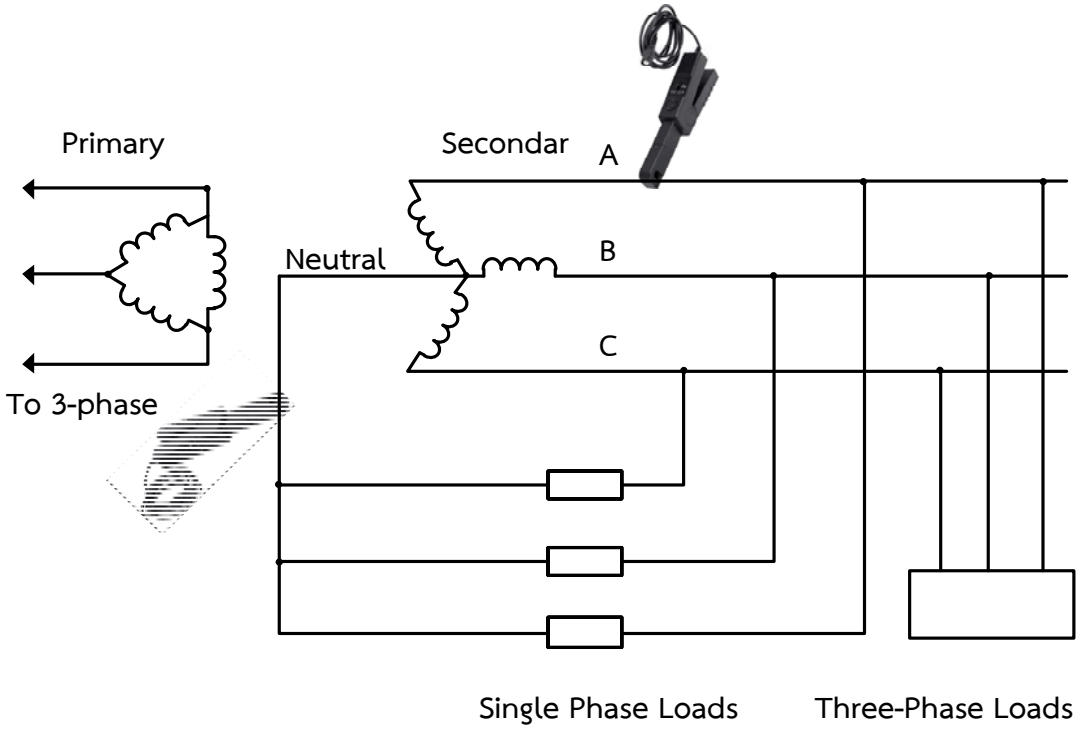
$$\%Unbalance \quad Voltage = 0.64\%$$

ซึ่งในแถบทวีปอเมริกาส่วนมากจะใช้การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล โดยพิจารณาจากค่าแรงดันไฟฟ้าแบบ Phase-to-Phase เช่น ตามมาตรฐาน ANSI และ NEMA มักจะใช้ค่าขนาดแรงดันไฟฟ้าแบบ Phase-to-Phase มากกว่าใช้ค่าแรงดันแบบ Phase-to-Neutral จะเห็นว่าด้วยวิธีการนี้สามารถใช้ตรวจวัด Voltmeter แบบธรรมดาได้ แต่สำหรับกลุ่มประเทศแถบทวีปยุโรป จะใช้ค่าอัตราส่วนระหว่าง Negative Sequence Voltage ต่อ Positive Sequence Voltage เป็นตัวกำหนดค่าแรงดันไฟฟ้า ซึ่งการหาค่าดังกล่าวด้วยวิธีนี้ต้องใช้เครื่องมือชนิดพิเศษที่สามารถตรวจวัดค่า Negative Sequence Voltage ได้มาทำการตรวจวัด ซึ่งปัจจุบันการไฟฟ้าในบ้านเราก็ใช้วิธีการแบบหลังในการพิจารณากำหนดด้วยเช่นกันโดยสากลแล้วการไฟฟ้าจะกำหนดมาตรฐานแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลของระบบไฟฟ้า จะต้องมีค่าไม่เกินร้อยละ 2 ซึ่งในปัจจุบันการไฟฟ้าในบ้านเราก็กำลังร่างข้อกำหนดค่ามาตรฐานดังกล่าวด้วยเช่นกัน หากระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล จะส่งผลกระทบทำให้มอเตอร์ไฟมีความร้อนเกิดขึ้นผิดปกติ เนื่องจากมี Negative Sequence Currents ไหลเข้ามอเตอร์เป็นจำนวนมาก กระแสไฟฟ้าลบนี้จะไปสร้างสนามแม่เหล็กต้านกับสนามแม่เหล็กที่ทำให้เกิดกำลังงาน ทำให้แรงบิดของมอเตอร์ลดลงในสภาวะที่มอเตอร์ทำงานปกติ ค่าต้านทานของมอเตอร์จะมีความสัมพันธ์กับค่า Negative Sequence Voltage ของระบบไฟฟ้า คือจะมีค่าความต้านทานต่ำมากๆ ใกล้เคียงกับค่าความต้านทานของมอเตอร์ในขณะเริ่มเดิน(Locked Rotor Start Impedance) ดังนั้นแม้ว่าระบบไฟฟ้าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าลบทำให้ค่าความต้านทานมีค่าต่ำมากๆ นี่เอง จึงทำให้เกิดค่ากระแสลำดับลบจำนวนมากมายไหลเข้ามอเตอร์ไฟฟ้า จนทำให้มอเตอร์ร้อน หรืออาจเกิดการชำรุดเสียหายได้ เนื่องจากที่ชุดเรียงกระแสไฟฟ้า (Adjustable Speed Drivers) จะรับไฟจากระบบไฟฟ้าแบบ Phase-to-Phase เพื่อชาร์จไฟให้แก่ DC Bus อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นหากค่าแรงดันไฟฟ้าที่คร่อมชุดเรียงกระแสไฟฟ้าเฟสใดเฟสหนึ่งเกิดสูงเกินกว่าแรงดันของเฟสที่เหลือ ก็จะมีผลทำให้ชุดเรียงกระแสนั้นนำค่ากระแสมากกว่าเฟสที่เหลือ ซึ่งมีผลทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าเกิดการทำงานได้เช่นกัน ดังนั้นค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลเพียงแค่ 3% อาจมีผลทำให้มอเตอร์ชนิดปรับ

ความเร็วรอบได้เกิดปัญหาได้ นอกจากนี้ผลของแรงดันไฟฟ้าที่ไม่สมดุลยังทำให้เกิดปัญหาฮาร์โมนิก (Harmonics) ขึ้นได้อีกด้วย เช่นกัน รวมทั้งทำให้เพิ่มค่า Ripple ใน DC Bus อีกด้วย

2.8.1 สาเหตุของการเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

โดยทั่วไปแล้วสาเหตุหลักของการเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล จะเกิดการใช้กระแสที่ไม่สมดุล(Unbalance Currents) ตั้งแต่ 15-20 % ขึ้นไป ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมนอกจากจะใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด 3 เฟสแล้ว ยังใช้อุปกรณ์อยู่ในวงจรด้วย เช่น อุปกรณ์สำนักงาน ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง มอเตอร์ Single Phase



รูปที่ 2.7 การตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าในสายเฟสต่างๆ และสาย Neutral ที่ระบบมีการติดตั้งอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด Three Phase และ Single Phase ต่ออยู่ร่วมในระบบเดียวกัน

หากของอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด 1 เฟสมีขนาดใหญ่และดึงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสที่ไม่เท่ากันในปริมาณมากๆด้วยแล้ว ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า(ความถี่ 50 Hz) เกิดขึ้นในสาย Neutral ขึ้น นอกจากนั้นหากมีการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด Single Phase ที่เป็นแหล่งกำเนิดกระแสฮาร์มอนิก (Harmonic Source) รวมอยู่ด้วยเป็นจำนวนมาก เช่น เครื่องถ่ายเอกสาร หลอกไฟที่ใช้อิเล็กทรอนิกส์บาราส์ท, เครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งอุปกรณ์ไฟฟ้าเหล่านี้จะสร้างกระแส ฮาร์โมนิกลำดับที่ 3(ความถี่ 150 Hz) ไหลอยู่ในสาย Neutral รวมอยู่ด้วย หรือในบางครั้งกระแสที่ไหลในสาย Neutral อาจมีค่าสูงใกล้เคียงกับค่ากระแสไฟฟ้าในสายเฟสเลยก็ได้ แม่ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลไม่สมดุลของทั้งสามเฟสมีค่าเพียงเล็กน้อยก็ตาม จะเห็นว่าค่ากระแสไฟฟ้าในสายไฟฟ้าเฟส A,B และ C มีค่าเท่ากับ 50,50 และ 57 A ในขณะที่กระแสที่ไหลในสาย Neutral มีค่า 82 A ทั้งนี้เนื่องจากผลของการมีกระแสฮาร์มอนิกส์ลำดับ 3 อยู่ในระบบนั่นเองและจากผลของการที่

แรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลก็จะทำให้เกิดมีกระแสในสาย Neutral และในที่สุดก็จะเกิดปัญหาดังนี้
กิดความสูญเสีย(Losses) เพิ่มขึ้นในระบบไฟฟ้า

- เกิดแรงดันไฟฟ้าตกมากขึ้น(Voltage Drop) ในกรณีการจ่ายไฟให้กับโหลดชนิด Single Phase Load

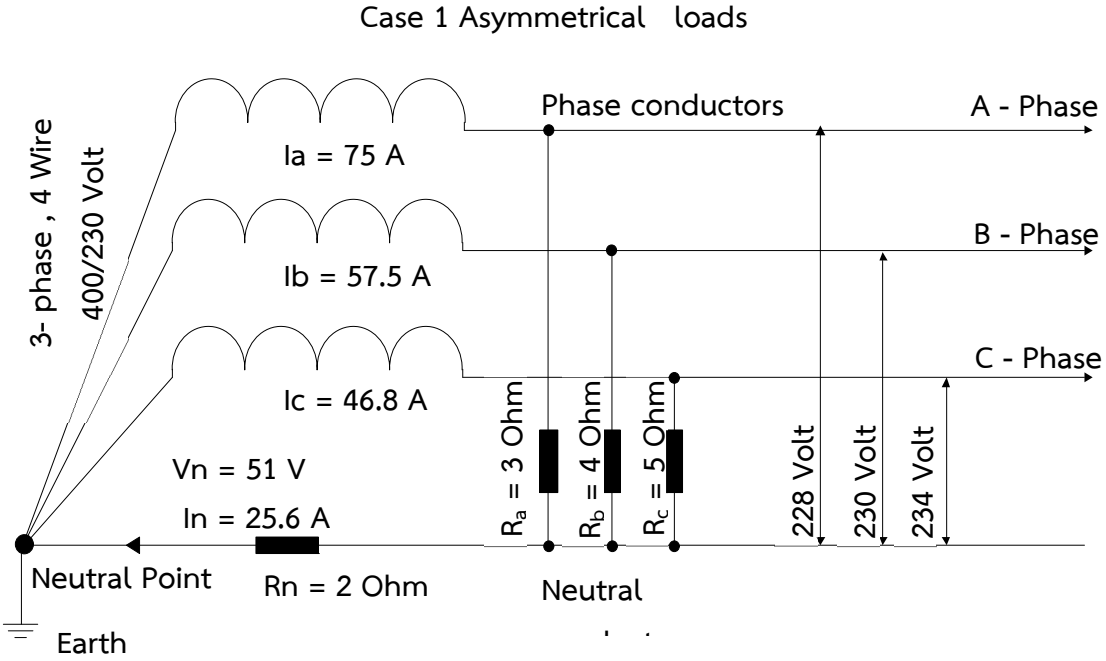
- เกิดอันตรายจากกระแสไฟฟ้าดูด เมื่อไปสัมผัสกับสาย Neutral เนื่องจากสาย Neutral มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม (Voltage Drop) อยู่

Example

System Voltage is 3 – Phase , 4 Wire 400/230 Volt

Impedance (Line-Loads) in Phase A,B and C = 3,4 and 5 Ohm

Impedance in Neutral conductor = 2 Ohm



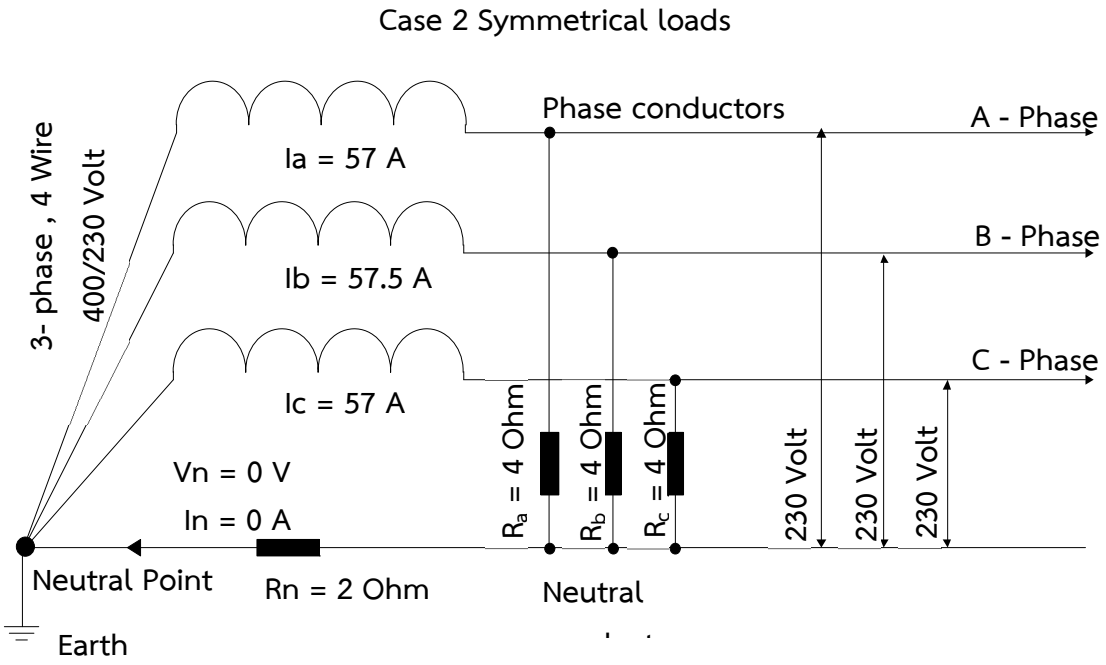
Power Losses$_{A\text{-}Phase}$ = $(V^2)VR = (228)^2/3$ = 17.33 Kwatts

Power Losses$_{B\text{-}Phase}$ = $(V^2)VR = (230)^2/4$ = 13.22 KWatts

Power Losses$_{A\text{-}Phase}$ = $(V^2)VR = (234)^2/5$ = 10.95 KWatts

Total Power losses $_{Asymmetrical}$ = 41.5 KWatts

รูปที่ 2.8 การเปรียบเทียบระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดสภาวะ Unbalance
Case 1 Asymmetrical loads



Power Losses$_{A\text{-}Phase}$ = $(V^2)VR = (230)^2/4$ = 13.2 Kwatts

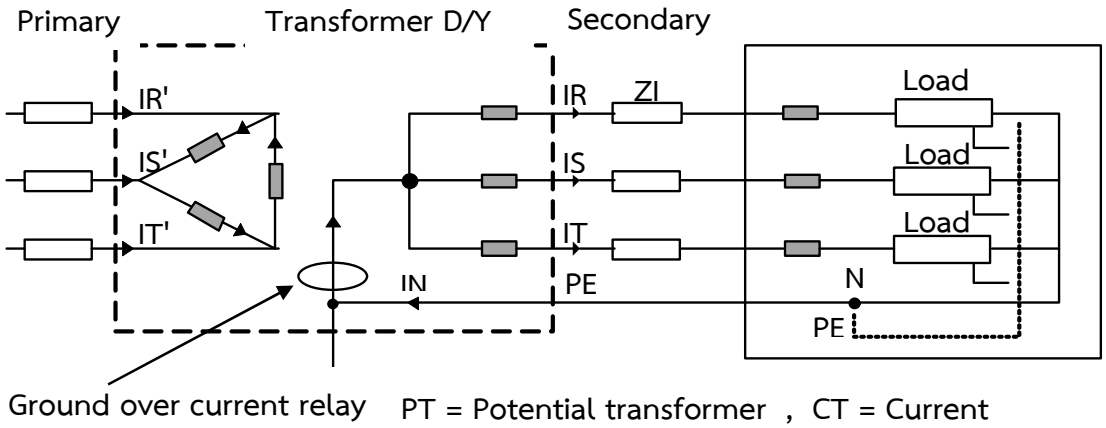
Power Losses$_{B\text{-}Phase}$ = $(V^2)VR = (230)^2/4$ = 13.22 KWatts

Power Losses$_{A\text{-}Phase}$ = $(V^2)VR = (230)^2/4$ = 10.22 KWatts

Total Power losses $_{Asymmetrical}$ = 39.6 KWatts

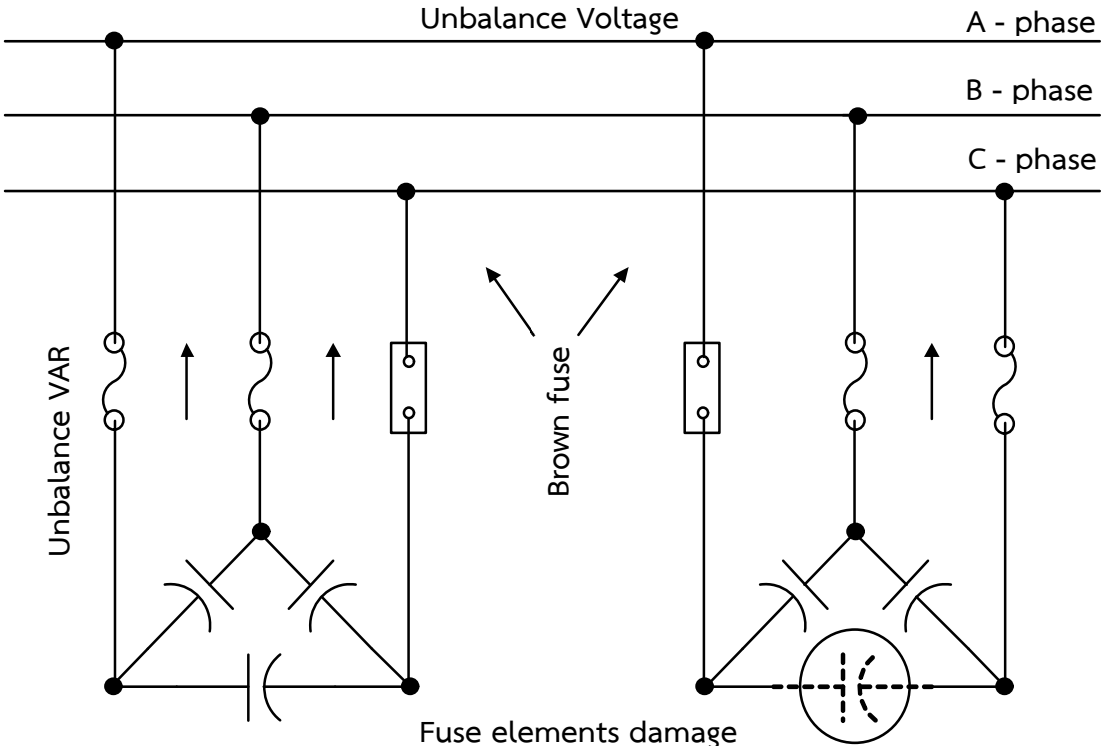
รูปที่ 2.9 การเปรียบเทียบระบบไฟฟ้า เมื่อเกิดสภาวะ Unbalance Case 2 Symmetrical loads

อุปกรณ์ป้องกนกระแสไฟฟ้าลัดวงจรลงดิน (Ground Over Current Relay) ทำงานผิดพลาดได้ หากการตั้งค่า Setting มีค่าไม่เหมาะสม ดังรูปที่ 2.10

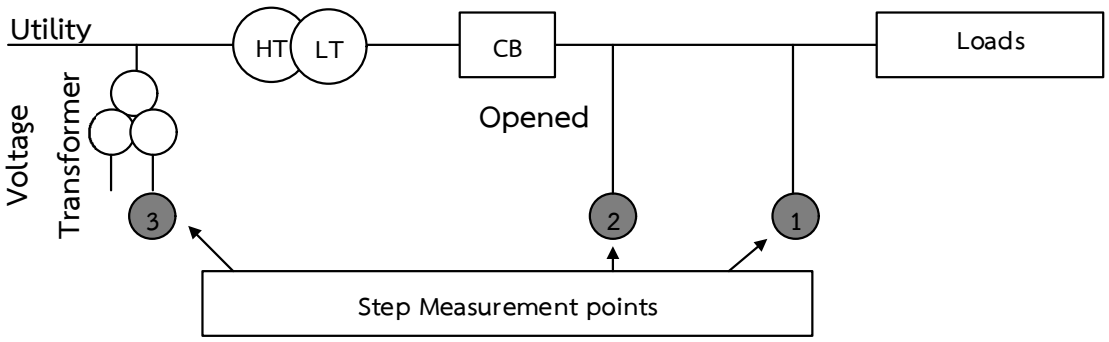


รูปที่ 2.10 การติดตั้งระบบป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรลงดินที่สาย Neutral

ทำให้พิกัดของระบบไฟฟ้ามีค่าลดลง ตัวอย่างเช่น หม้อแปลงไฟฟ้ากำลังระบบ 22-0.4/0.23 kV ขนาดkVA พิกัดกระแสไฟฟ้าของแต่ละเฟสมีค่าเท่ากับ 1440A แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ดึงในแต่ละเฟส(เฟส A,B และ C) มีค่า1350. 1295 และ 1150 A จะเห็นว่าค่ากระแสที่เฟส B และ C ยังไม่เต็มพิกัดสามารถจ่ายไฟได้เพิ่มอีก แต่ในขณะเดียวกันที่เฟส A มีค่าใกล้เต็มพิกัดแล้ว จึงไม่สามารถเพิ่มโหลดชนิด 3 เฟส ได้อีก เกิดจาก Shunt Capacitor Bank ที่ใช้ในการปรับค่าตัวประกอบพลังไฟฟ้าตู้ Main Distribution Board เกิดความผิดพร่องบางชุดหรือเพียงบาง element หรือฟิวส์ป้องกันชุด Capacitor Bank ขาดบางเฟส ทำให้การชดเชย Reactive Power ไม่เท่ากันทั้งสามเฟส เป็นผลทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้าในแต่ละเฟสมีค่าแตกต่างกันได้ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 การชำรุดของ Shunt Capacitor Bank ทำให้เกิดเรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

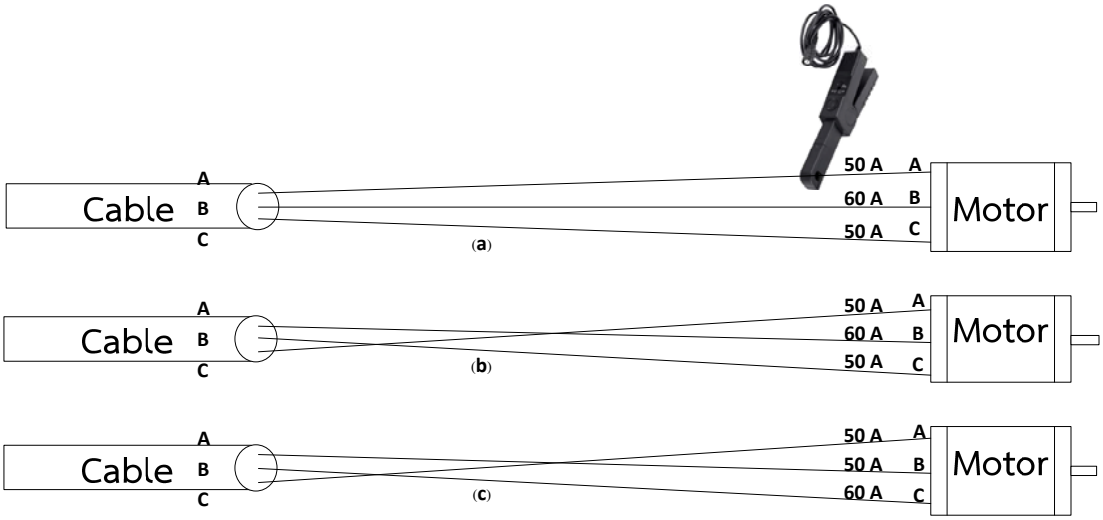


รูปที่ 2.12 จุดตรวจวัด เพื่อตรวจสอบสาเหตุของแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

2.8.2 เรื่องน่ารู้วิธีการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

มักมีคำถามอยู่เสมอว่า แล้วจะทราบได้อย่างไรว่า การไม่สมดุลนั้นเกิดจากแรงดันไฟไม่สมดุลหรือเกิดจากการใช้กระแสไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าไม่สมดุล และจะทราบได้อย่างไรว่าเกิดที่ระบบของการไฟฟ้าหรือเกิดขึ้นในส่วนของโรงงานเอง มีวิธีกาตรวจสอบดังนี้

ขั้นที่ 1 ให้ทำการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในโรงงานของท่านด้วย Multimeter ก่อนว่าไม่สมดุลกันแบบมีนัยสำคัญหรือไม่ ถ้ามีอยู่น้อยกว่า 2 % ก็ค่อนข้างปลอดภัย แต่ถ้ามีมากกว่านี้ ต้องพิจารณาว่ามอเตอร์ไฟฟ้าของท่านมีโอกาสเกิด Overload ขึ้นหรือไม่ ถ้ามีก็ให้ตรวจสอบขั้นต่อไป (ในขั้นตอนนี้หากไม่ได้ทำการปลดวงจรของโหลดออก ให้ทำการตรวจวัดค่ากระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 2.13)



รูปที่ 2.13 การตรวจสอบหาสาเหตุของกระแสไฟฟ้าไม่สมดุล

จากรูป เมื่อทำการตรวจวัดกระแสที่ไหลเข้าสู่มอเตอร์ไฟฟ้าสามเฟสแล้ว ได้ค่ากระแสตามรูป a) จากนั้นทำการสลับเฟสที่จ่ายให้กับมอเตอร์ไฟฟ้าและได้ค่ากระแสไฟฟ้าดังรูป b) ก็แสดงว่าภายในโครงสร้างของมอเตอร์ไฟฟ้ากินกระแสที่ไม่เท่ากันเอง ไม่ได้เกิดจากระบบไฟฟ้าจ่ายไม่สมดุล แต่ถ้าหากว่าค่าตรวจวัดได้มีค่าตามรูป c) ก็แสดงว่าแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่เฟส B เกิดการไม่สมดุลเอง

ขั้นที่ 2 ให้ปลดโหลดออกทั้งหมด แล้ววัดค่าแรงดันไฟฟ้าทั้งสามเฟส (Phase-to-Phase) ที่ตู้ Main Distribution Board อีกครั้ง หากยังพบว่ามีแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลอยู่ก็ให้ดำเนินขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ให้ปลดโหลดออกทั้งหมดเช่นเดียวกับชั้นที่ 2 แต่ให้วัดแรงดันไฟที่ด้านแรงสูงของหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง หากยังพบแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุลอยู่ก็ให้แจ้งการไฟฟ้าช่วยดำเนินการแก้ไขต่อไป แต่ถ้าหากไม่พบความไม่สมดุลกันในระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าอีก ก็แสดงว่าหม้อแปลงกำลังหรือชุด Voltage Regulator ของหม้อแปลงนี้เกิดการชำรุด

2.8.3 วิธีการลดผลกระทบเนื่องจากแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

- ควรจัดการกับอุปกรณ์ไฟฟ้าชนิด Single Phase ให้สมดุลกันทั้งสามเฟส

- พิจารณาเปลี่ยนโหลด Single Phase มีขนาดใหญ่ อาจจะพิจารณาเปลี่ยนเป็นโหลดชนิด Three Phase

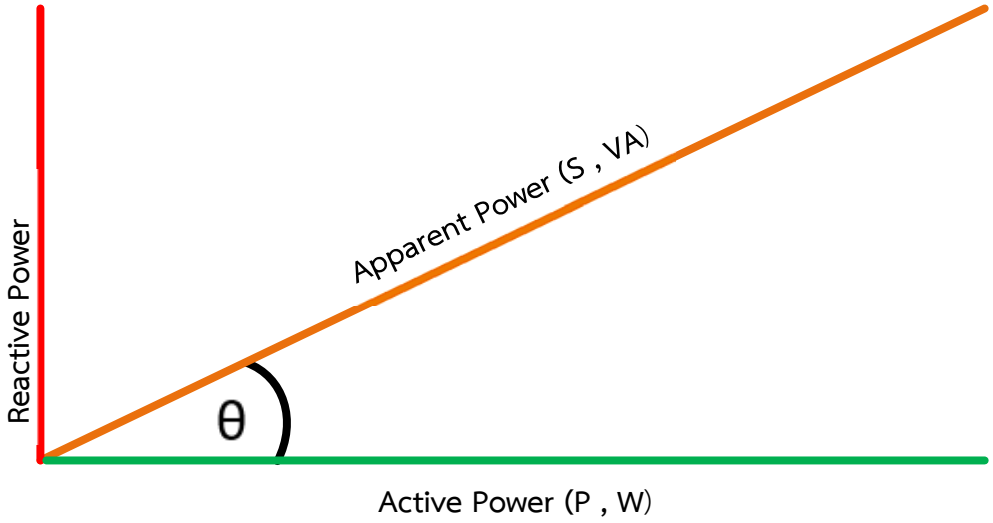
-ตรวจสอบฟิวส์ป้องกันชุด Capacitorsเพื่อป้องกันการเกิดแรงดันไฟฟ้าไม่สมดุล

-หมั่นตรวจสอบจุดต่อสายไฟฟ้าต่างๆ (Connectors)

-ตรวจสอบชุดควบคุมแรงดันไฟฟ้า(Voltage Regulators) แบบแยกเฟส และกำหนดค่าการทำงานให้เหมาะสม

2.8 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าจะมีอยู่ 3 ส่วน ปกติจะคำนวณเฉพาะขนาด หากเอามาเขียนให้อยู่ในรูปของสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าแล้วจะได้ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า

ซึ่งจากสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้านั้นเราสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าทั้ง 3 ส่วนได้ดังนี้

$$P = V \bullet I \bullet Cos\theta$$

$$Q = V \bullet I \bullet Sin\theta$$

$$S = V \bullet I = \sqrt{P^2 + Q^2} \quad \text{.....(6)}$$

$$Cos\theta = \frac{P}{VI} = \frac{P}{S} \quad \text{.....(7)}$$

โดยที่ θ คือมุมระหว่าง V กับ I ไม่เจาะจงวา Lead หรือ Lag เป็นมุมเดียวกับ θ ในสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า และ Cos θ มีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 หากในระบบไฟฟ้ามีตัวประกอบกำลังไฟฟ้าต่ำ (P.F) จะทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในอุปกรณ์ต่างๆ จึงเป็นภาระให้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและหม้อ

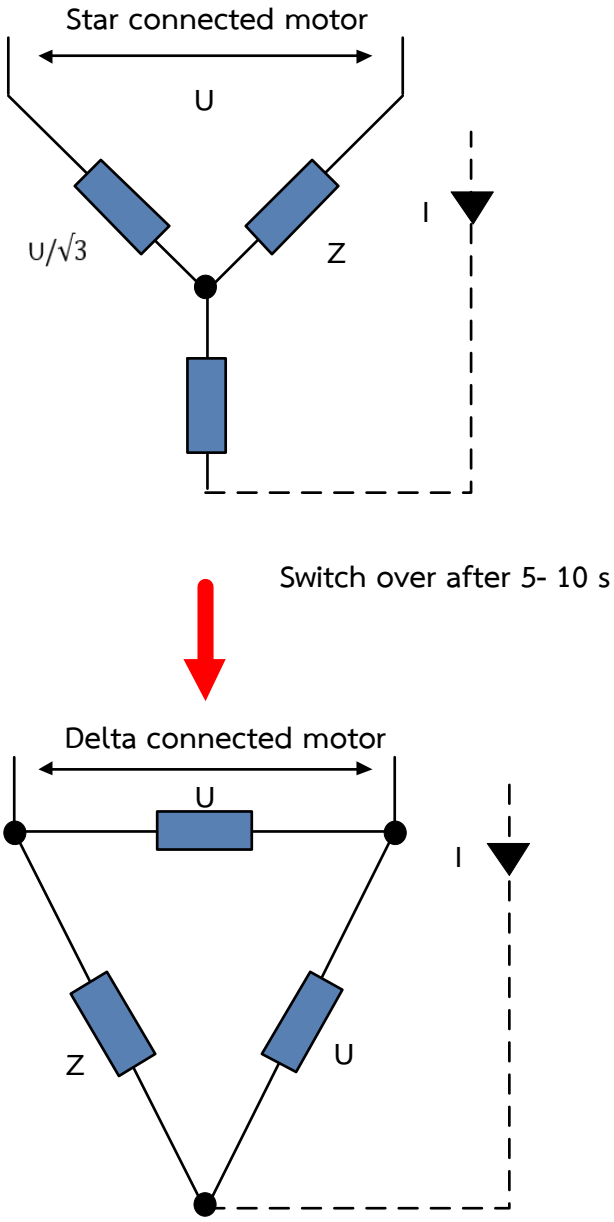
แปลง ส่งผลให้คุณภาพไฟฟ้าในระบบไม่ดี ทำให้เกิดการสูญเสียและสิ้นเปลืองพลังงานโดยใช่เหตุ โดยทางการไฟฟ้าได้มีมาตรการกำหนดให้ผู้ใช้ไฟฟ้า ต้องปรับปรุงระบบให้มีค่า Power Factor สูงกว่า 0.85 ขึ้นไป เพื่อให้ประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าของประเทศดีขึ้นและลดการสูญเสียพลังงานโดยรวม ซึ่งทางการไฟฟ้าจะมีค่าปรับสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าที่ไม่ปฏิบัติตาม จากที่กล่าวมาเบื้องต้น ทำให้ท่านผู้อ่านได้เข้าใจมากขึ้นสำหรับการปรับปรุงค่า Power Factor ให้เป็นไปตามมาตรฐานที่การไฟฟ้ากำหนด หรือ ทำให้ค่า Power Factor เข้าใกล้ 1 มากที่สุด ก็จะเป็นคุณประโยชน์ที่ดีต่อโรงงาน หรืออาคารของท่านเอง อีกทั้งยังช่วยให้ท่านประหยัดค่าใช้จ่ายได้อีกด้วย

2.9 วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ สตาร์ เดลต้า (Star Delta)

ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนมาก มอเตอร์ที่นิยมใช้งานจะเป็นมอเตอร์แบบ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่กินกระแสไฟตอนเริ่มสตาร์ทสูง อาจทำให้เกิดแรงดันไฟตก ไฟกระพริบ จึงต้องหาวิธีสตาร์ทที่ช่วยลดปัญหาเหล่านี้ลงให้ได้ เพื่อป้องกันอุปกรณ์หรือมอเตอร์เสียหาย จึงมีการคิดวิธีการสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star-Delta ขึ้นมา วิธีสตาร์ทแบบ star-delta พัฒนามาจากการสตาร์ทแบบ DOL (Direct on Line) ที่จะกินกระแสไฟตอนสตาร์ทสูง ทำให้เกิดปัญหาแรงดันไฟตกบ่อย วิธีสตาร์ทแบบ star-delta นั้นเป็นวิธีที่นิยมใช้สตาร์ทมอเตอร์บ่อย เหมาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ที่มีพิกัดมากกว่า 7.5 kW สามารถช่วยลดกระแสไฟและกระแสไฟกระชาก (Inrush current) ตอนเริ่มสตาร์ทได้ดี อีกทั้งยังไม่มีปัญหาเกี่ยวกับฮาร์โมนิกได้อีกด้วย นอกจากนี้อุปกรณ์ที่ใช้ในการสตาร์ทก็สามารถหาซื้อได้ง่ายอีกด้วย

2.9.1 วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star Delta

เป็นการสตาร์ทเพื่อลดกระแสขณะสตาร์ท โดยใช้หลักการนำอุปกรณ์ภายนอกมาเปลี่ยนวงจรขดลวดเพื่อให้มีแรงดันที่ป้อนให้กับขดลวดต่อเฟสลดลงจากเดิม ซึ่งเป็นผลต่อเนื่องให้กระแสลดลงเป็นสัดส่วนกับแรงดัน แต่แรงบิดจะลดลงเป็นสัดส่วนกำลังสอง ขณะสตาร์ทมอเตอร์เป็นแบบสตาร์และเมื่อมอเตอร์หมุนไปด้วยความเร็ว 75% ของความเร็วพิกัด มอเตอร์จะต้องหมุนแบบเดลต้า การใช้วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ Star Delta และขนาดพิกัดมอเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ เดลต้า เป็นวิธีที่ง่าย และสามารถลดกระแสขณะสตาร์ทได้ ซึ่งมอเตอร์ที่จะนำมาสตาร์ทแบบสตาร์ เดลต้าได้ ขดลวดสเตเตอร์จะถูกออกแบบให้ทำงานที่พิกัดขดลวดเป็นขดเฟสที่ต่อแบบเดลต้า เช่น มอเตอร์ชนิด 400 V (Delta)/690 V (Star) ในขณะทำการสตาร์ท ขดลวดมอเตอร์จะถูกต่อแบบสตาร์ ทำให้ค่าแรงดันตกคร่อมที่ขดลวดลดลงเหลือเพียง 57% เมื่อแรงดันตกคร่อมลดลงส่งผลทำให้กระแสสตาร์ทจะลดลง และแรงบิดล็อกโรเตอร์ก็จะลดลงไปด้วยประมาณ 1 ใน 3 ของค่าที่ต่อแบบเดลต้า หลังจากนั้นเมื่อความเร็วรอบมอเตอร์เข้าใกล้พิกัดก็จะต่อกลายเป็นแบบเดลต้าที่ระบบไฟฟ้า 400 V การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์ เดลต้า จะเหมาะกับมอเตอร์ที่มีพิกัดมากกว่า 7.5 kW ซึ่งถ้าใช้การสตาร์ทมอเตอร์โดยตรง (Direct on Line) กับมอเตอร์ที่มีพิกัดมากกว่า 7.5 kW แล้วจะทำให้เกิดผลเสียกับระบบไฟฟ้าหลายอย่าง เช่น แรงดันไฟตกหรือเกิดโอเวอร์โหลดที่หม้อแปลง ดังนั้นการสตาร์ทแบบสตาร์ เดลต้า จะเหมาะสมกว่า



รูปที่ 2.15 วงจรสตาร์ทมอเตอร์แบบ สตาร์ เดลต้า Star Delta

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงาน

การทำวิจัยเพื่อนวัตกรรมการศึกษาเรื่องการสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 3 เฟส สำหรับพัฒนากระบวนการส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้า มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในการเรียนการสอนในรายวิชาปฏิบัติ เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจเพิ่มมากขึ้น และสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์และพัฒนาชุดทดลองให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น สามารถนำชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสไปใช้งานได้จริง ในการปฏิบัติงานให้สำเร็จได้ตามเป้าหมายและภายในเวลาที่กำหนดนั้นจำเป็นต้องมีการวางแผนการดำเนินงานเพื่อให้ทราบแนวทางและขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง ซึ่งการออกแบบสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสมีดังต่อไปนี้

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น
3.2 กำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง
3.3 แผนการดำเนินงาน
3.4 กรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย
3.5 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
3.6 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมสเก็ตอัพ (SketchUp)
3.7 ออกแบบและสร้างตัวเครื่อง
3.8 อุปกรณ์ที่ใช้
3.9 สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3.10 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
3.11 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

เริ่มศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับบทความวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการทดลอง และศึกษาเกี่ยวกับการสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส พร้อมทั้งศึกษาเกี่ยวกับใบงานการทดลองต่างๆที่เกี่ยวกับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

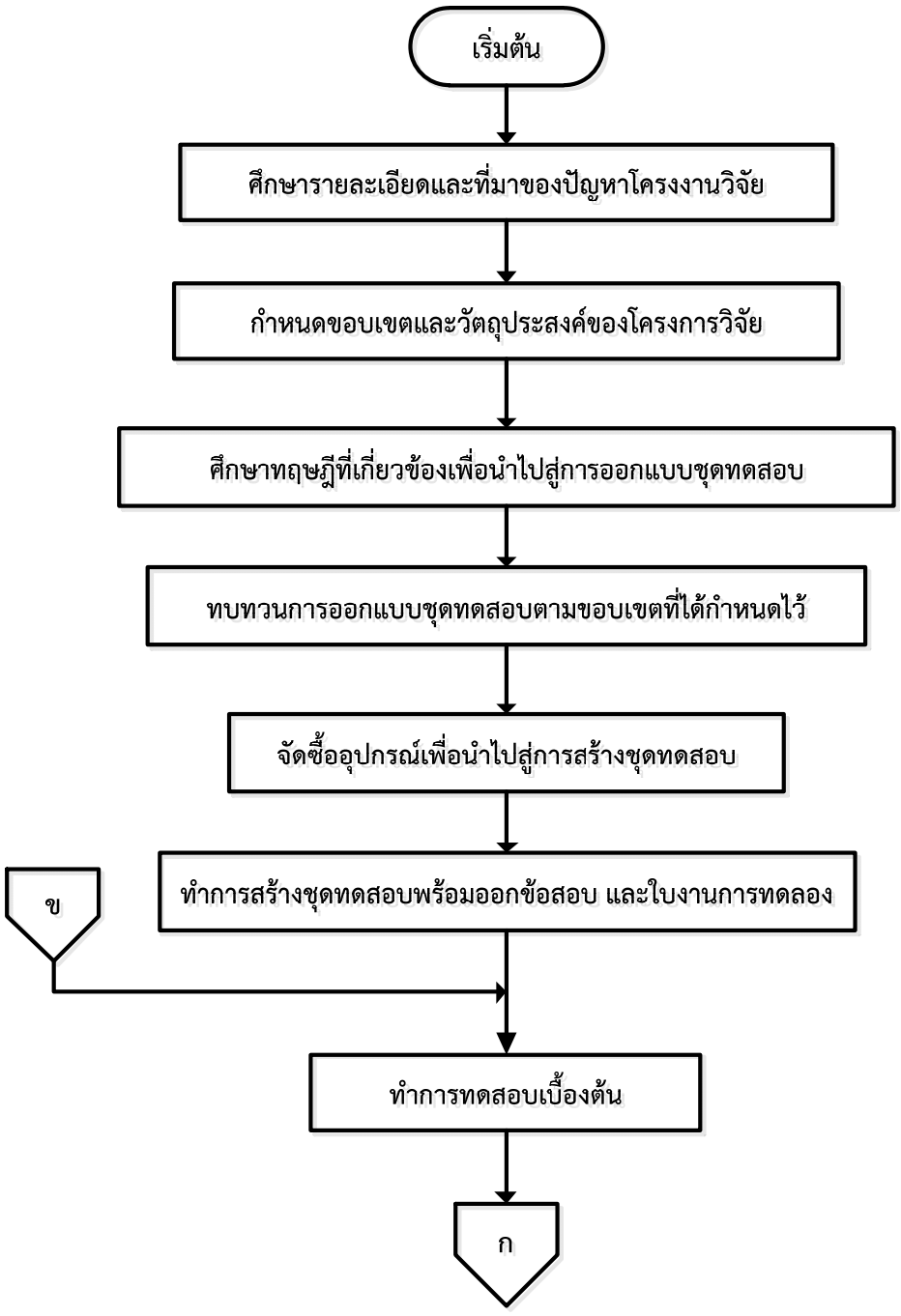
3.2 กำหนดประชากรและคัดเลือกกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้อ้างอิงผลครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่1 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาไฟฟ้า ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ในปีการศึกษา 2/2564 ทั้งหมดจำนวน 52 คน ประกอบไปด้วย 2 ห้องเรียน ได้แก่ ห้อง 1 จำนวน 24 คน และห้อง 2 จำนวน 28 คน

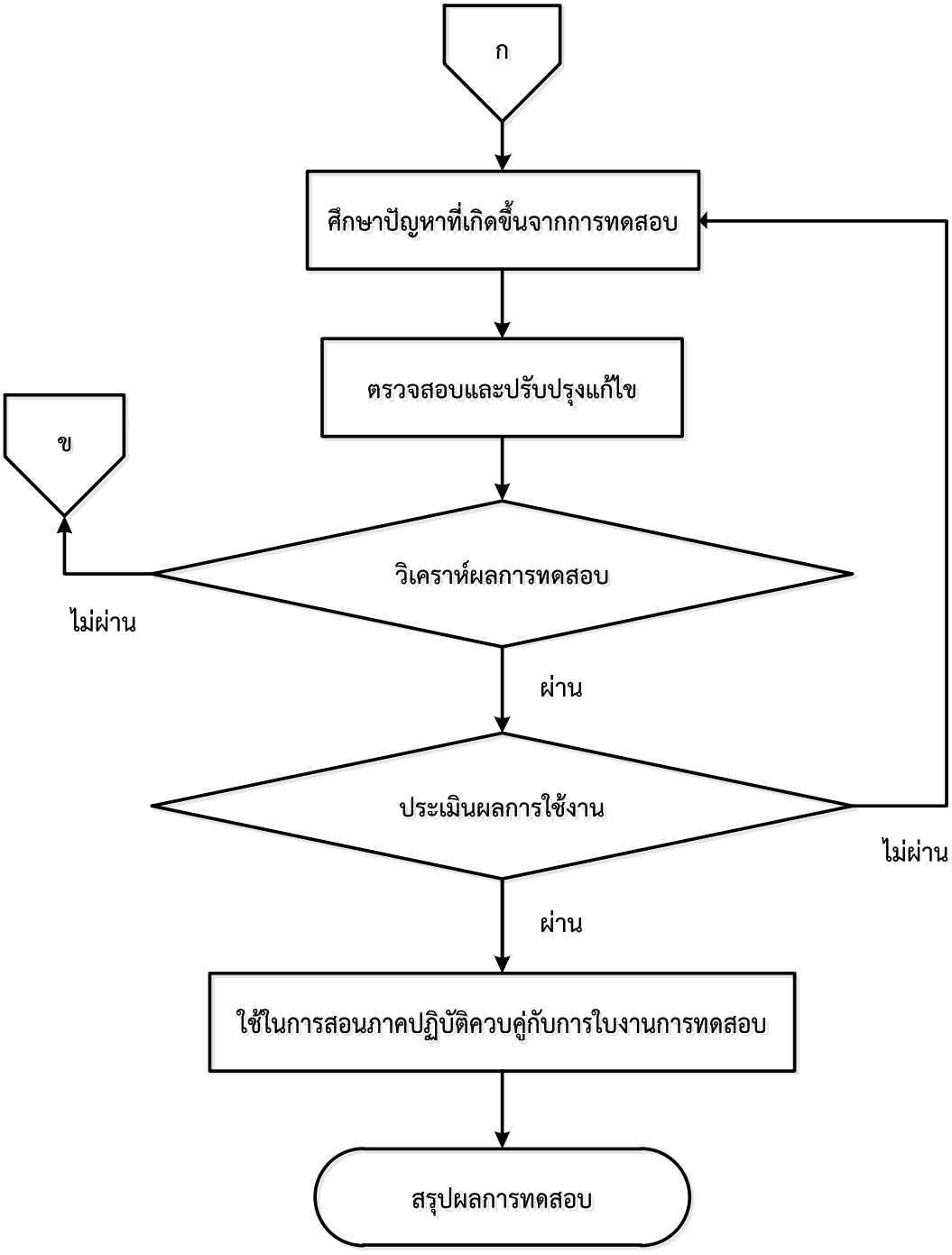
กลุ่มตัวอย่างในงานวิจัยครั้งนี้ คือ นักศึกษาระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่1 สาขาวิชาไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย จังหวัดสงขลา หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาไฟฟ้า ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ในปีการศึกษา 2/2564 จำนวน 52 คน

(โดยใช้วิธีกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ที่ความเชื่อมั่น 95%) ที่เลือกโดยวิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควต้า ได้แก่ นักศึกษาห้อง 1 จำนวน 23 คน นักศึกษาห้อง 2 จำนวน 23 คน

3.3 แผนการดำเนินงาน



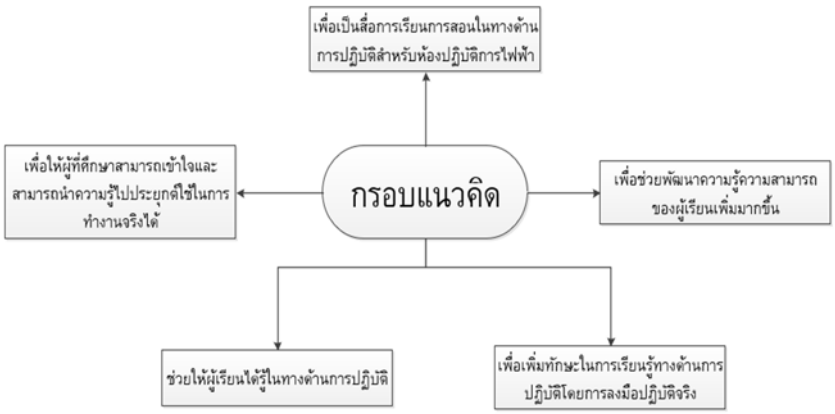
รูปที่ 3.1 Flow chat ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการวิจัย



รูปที่ 3.1 Flow chat ขั้นตอนการดำเนินงานของโครงการวิจัย (ต่อ)

จากรูปที่ 3.1 การจัดทำวิจัยเรื่องการออกแบบสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีขั้นตอนในการดำเนินการ คือ เริ่มจากศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับงานวิจัย โดยได้กำหนดหัวข้อและวัตถุประสงค์ขึ้นมา จากนั้นทำการออกแบบโครงสร้างของชิ้นงาน และได้ทำการสร้างและประกอบชิ้นงานทุกส่วนเข้าด้วยกันตามที่ได้ออกแบบไว้ และทำการทดสอบการใช้งาน

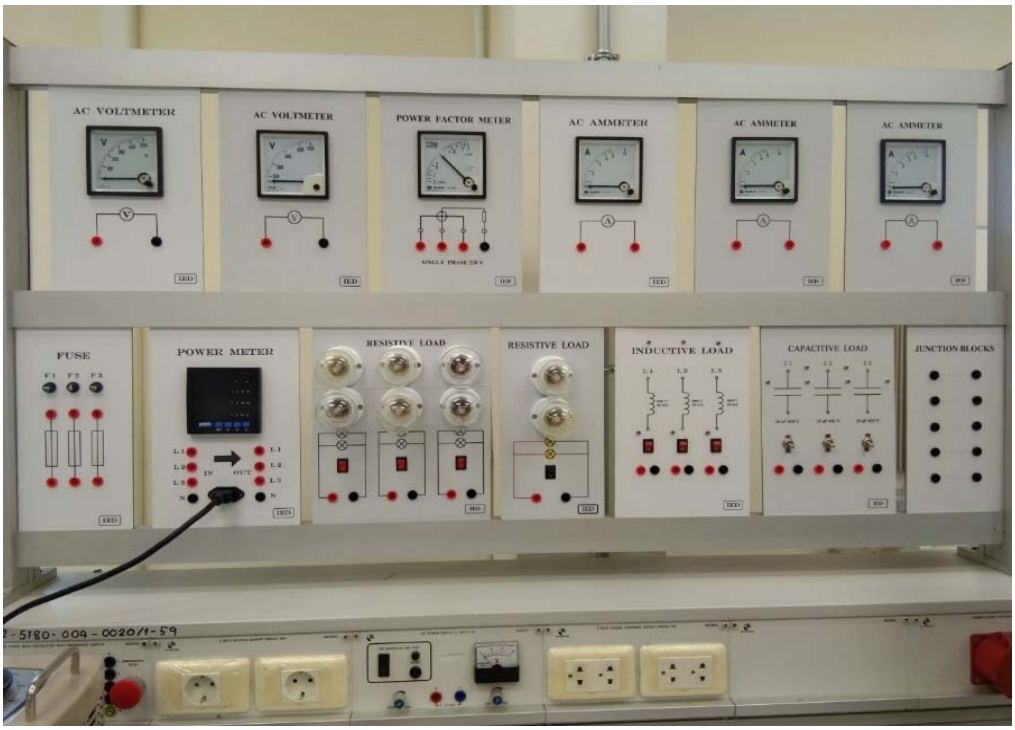
3.4 กรอบแนวความคิด



<u>กรอบแนวคิด</u>

1. เพื่อเป็นสื่อการเรียนการสอนทางด้านการปฏิบัติสำหรับห้องปฏิบัติการไฟฟ้า
2. เพื่อช่วยพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียนเพิ่มมากขึ้น
3. เพื่อเพิ่มทักษะในการเรียนรู้ทางด้านการปฏิบัติโดยการลงมือปฏิบัติจริง
4. เพื่อช่วยให้ผู้เรียนได้รู้ในทางด้านการปฏิบัติ
5.เพื่อให้ผู้ที่ศึกษาสามารถเข้าใจและสามารถนำองค์ความรู้ไปประยุกต์ใช้ในการทำงานจริงได้

จากกรอบแนวคิดดังกล่าวได้ออกแบบสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส เพื่อใช้เป็นชุดต้นแบบสำหรับการทดลองระบบไฟฟ้า1 เฟสและ 3 เฟส โดยมีการศึกษาพฤติกรรมของ Load R,L และ C เพื่อศึกษาและนำไปใช้ในการเรียนการสอน โดยใช้ในการพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เรียนและเพิ่มทักษะในการเรียนรู้ทางด้านการปฏิบัติ โดยการลงมือปฏิบัติจริง



รูปที่ 3.2 กรอบแนวความคิดการสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

3.5 ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ทำชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส การออกแบบชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส คณะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาข้อมูลดังต่อไปนี้

3.5.1 โหลดทางฟ้า

โหลดหรือภาระไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ไฟฟ้าในการทำงาน โหลดจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานรูปอื่นๆ เช่น เสียง แสง ความร้อน ความเย็น และการสั่นสะเทือน เป็นต้น โหลดเป็นคำกล่าวโดยรวงถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดอะไรก็ได้ เช่น ตู้เย็น พัดลม เครื่องซักผ้า โทรทัศน์ วิทยุ และเครื่องปรับอากาศ เป็นต้น โหลดแต่ละชนิดจะใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงด้วยค่าแรงดัน กระแส และกำลังไฟฟ้าการจำแนกประเภทของโหลดไฟฟ้า มีรายละเอียดดังนี้

3.5.1.1 โหลดตัวต้านทาน (Resistive Load)

โหลดตัวต้านทานจะขัดขวางการไหลของพลังงานไฟฟ้าในวงจรและแปลงเป็นพลังงานความร้อนเนื่องจากพลังงานตกคร่อมเกิดขึ้นในวงจร หลอดไฟและฮีตเตอร์เป็นตัวอย่างของโหลดความต้านทาน โหลดความต้านทานใช้พลังงานในลักษณะเพื่อให้กระแสและคลื่นแรงดันยังคงอยู่ในเฟสเดียวกัน ดังนั้นตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดตัวต้านทานจึงยังคงเป็นเอกภาพ

3.5.1.2 โหลดอุปนัย Inductive

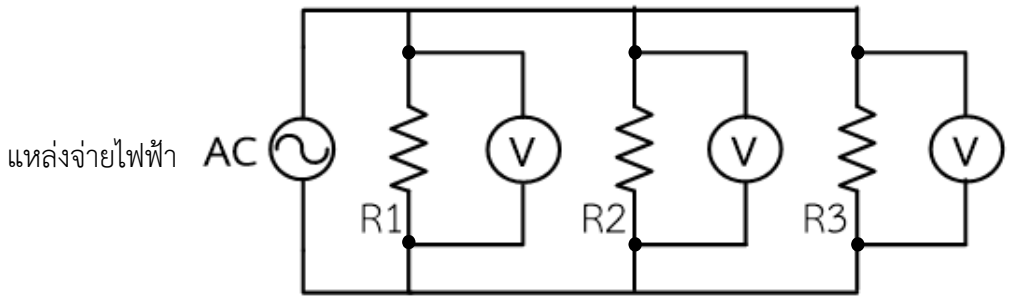
โหลดอุปนัยใช้สนามแม่เหล็กสำหรับทำงาน หม้อแปลงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามอเตอร์เป็นตัวอย่างของการโหลด โหลดอุปนัยมีขดลวดที่เก็บพลังงานแม่เหล็กเมื่อกระแสผ่านมัน คลื่นปัจจุบันของโหลดอุปนัยจะล้าหลังคลื่นแรงดันไฟฟ้าและปัจจัยอำนาจของโหลดอุปนัยก็ปกคลุมด้วย

3.5.1.3 โหลด Capacitive

โหลด capacitive คลื่นแรงดันคือนำคลื่นปัจจุบัน ตัวอย่างของโหลดตัวเก็บประจุคือธนาคารตัวเก็บประจุวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเป็นต้นตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดประเภทนั้นเป็นผู้นำ

3.5.2 โวลต์มิเตอร์ (AC Voltmeter)

เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์มิเตอร์เป็นมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดความต่างศักย์ ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า) ระหว่างจุดสองจุดในวงจรความจริงแล้วโวลต์มิเตอร์ก็คือแอมมิเตอร์ นั่นเองเพราะขณะทำการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรหรือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะต้องมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์จึงทำให้เข็มบ่ายเบนไป และการที่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์ได้ก็ต้องมีแรงดันไฟฟ้ามีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กระแสไฟฟ้าไหลมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้มากน้อย ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้าเข้ามาน้อยกระแสไฟฟ้าก็ไหลน้อยเข็ม บ่ายเบนน้อย ถ้าจ่ายแรงดันไฟฟ้ามากกระแสไหลมากเข็มชี้ค่าบ่ายเบนมาก การวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ ก็ต้องอาศัยปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ขึ้นอยู่กับปริมาณของแรงดันที่จ่ายเข้ามา ดังนั้นการวัดปริมาณ ของแรงดันไฟฟ้าก็คือ การวัดปริมาณของกระแสไฟฟ้านั่นเอง เพียงแต่เปลี่ยนสเกลหน้าปัดของมิเตอร์ให้แสดงค่าออกมาเป็นแรงดันไฟฟ้าเท่านั้นและปรับค่าให้ถูกต้อง กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์จะมีขีดจำกัดขึ้นอยู่กับค่าการทนกระแสได้ของโวลต์มิเตอร์ ดังนั้น เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้าค่ามาก ๆ ย่อมส่งผลให้ กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าโวลต์มิเตอร์มากตามไปด้วยหากมากเกินกว่าที่โวลต์มิเตอร์ทนได้ก็ไม่สามารถนำโวลต์มิเตอร์ไปวัดแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 3.3 ลักษณะการต่อโวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า

รูปที่ 3.4 โวลต์มิเตอร์ แบบอนาล็อก

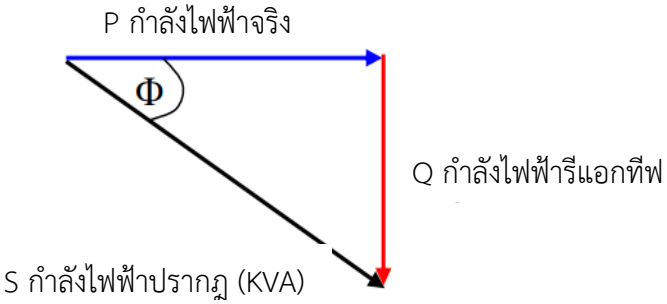
3.5.3 แอมป์มิเตอร์ (Ammeter)

แอมป์มิเตอร์ คือ เครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (Current : I) เมื่อมีการนำไปใช้งานในวงจรไฟฟ้าจะต้องต่อแบบอนุกรรม (Series Connection) กับวงจร หรืออนุกรมกับโหลด (Load) เสมอถ้าหากมีการนำไปต่อขนาน (Parallel Connection) จะทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องวัดได้ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างภายในของแอมมิเตอร์นั้นถูกออกแบบมาให้มีค่าความต้านทานที่ต่ำ (Low Resistance) เมื่อถูกต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าจะต้องไม่มีผลกระทบต่อวงจร แอมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดกระแสไฟตรงนั้น นิยมเรียกกันว่า ดีซี แอมมิเตอร์ (DC Ammeter) เครื่องวัดชนิดนี้จะอาศัยหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC) ดังนั้น การบ่ายเบนของเข็มที่ชี้จึงเป็นสัดส่วนโดยตรงหรือแปรผันตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil) แต่เนื่องจากเป็นเครื่องวัดแบบ PMMC มีข้อจำกัด คือ สามารถที่จะรับกระแสได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้นในทางปฏิบัติจึงใช้วิธีในการแบ่งกระแสให้ไหลผ่านความต้านทานชั้นท์ (Shunt Resistance) ที่นำมาต่อขนานกัน ซึ่งมีวิธีคำนวณได้โดยใช้สูตรกฎของโอห์ม (Ohm’s Law) สำหรับการเรียกชื่อแอมมิเตอร์นั้น โดยทั่วไปแล้วจะเรียกตามความสามารถของการวัด เช่น มิลลิแอมมิเตอร์ (Milliammeter) ใช้วัดกระแสเป็นมิลลิแอมป์ หรือไมโครแอมมิเตอร์(Microammeter) ใช้วัดกระแสที่มีค่าเพียงเล็กน้อย

รูปที่ 3.5 แอมป์มิเตอร์ แบบอนาล็อก

3.5.4 Power Factor

เครื่องวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor: PF) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าคือ อัตราส่วนของกำลังงานจริง (Real Power ตัวกำลังงานปรากฏ Apparent Power) ในวงจรไฟฟ้าใดๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ ตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดี ดังรูป (ก) ซึ่งมีติดไว้ที่หน้าตู้ MDB ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอาจเป็นแบบนำหน้า (Leading) หรือแบบตามหลัง (Lagging) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับภาระโหลดของไฟฟ้า ถ้าภาระโหลดทางไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งเพื่อสร้างสนามแม่เหล็กเช่น มอเตอร์ หม้อแปลง บัลลาสต์ เป็นต้น



ก. เครื่องวัดตัวประกอบกำลัง แบบอนาล็อก ข. เวกเตอร์ของกำลังไฟฟ้า

รูปที่ 3.6 Power Factor

3.5.5 Power meter

Power meter คือ อุปกรณ์แสดง " ค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า " เช่น แรงดัน , กระแส , กำลังงานไฟฟ้าจริง , กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ Harmonic เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ โดยส่วนใหญ่แล้วในภาคอุตสาหกรรมจะนำ Power Meter ไปใช้ในการควบคุมหรือปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานได้อย่างเต็มที่ อีกทั้งยังเป็นการช่วยจัดการพลังงาน Power Meter นับว่าเป็นอุปกรณ์หนึ่ง ที่มีส่วนช่วยในภาคอุตสาหกรรมได้อย่างมาก โดยจะช่วยบอกค่าทางไฟฟ้าในการใช้พลังงานได้อย่างถูกต้อง เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการควบคุม หรือ ปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าได้อย่างมีคุณภาพต่อไป Power meter คืออุปกรณ์ที่รวม มัลติมิเตอร์ แคล้มป์มิเตอร์ เข้าด้วยกันจึงสามารถวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน และฟังก์ชั่นอื่นๆ ได้เทียบเท่ากับ มัลติมิเตอร์ และแคล้มป์มิเตอร์ ซึ่งนอกจากจะวัดฟังก์ชั่นต่างๆได้แล้ว ยังสามารถวิเคราะห์ข้อมูลกำลังงานได้ง่ายและเต็มประสิทธิภาพ

รูปที่ 3.7 Power meter แบบดิจิตอล

3.5.5.1 การวิเคราะห์กำลังไฟฟ้า จะต้องวิเคราะห์ค่า 3 ประเภทหลักๆดังนี้

1) ActivePower (P) คือ กำลังไฟฟ้าที่ใช้จริง เกิดจากโหลดความต้านทาน มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)หรือกิโลวัตต์ (KW)

2) Reactive Power (Q) คือ กำลังไฟฟ้าที่ศูนย์เสีย เกิดจากโหลดตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุมีหน่วยเป็น วาร์ (VAR) หรือกิโลวาร์ (kVAR)

3) Apparent Power (A) คือ กำลังไฟฟ้าที่ปรากฏ (Input) หรือ ผลรวมทางเวกเตอร์ของไฟฟ้าที่ ใช้จริง และกำลังไฟฟ้าที่ศูนย์เสียมีหน่วยเป็นโวลต์ แอมแปร์ (VA) หรือกิโลโวลต์ แอมแปร์ (kVA)

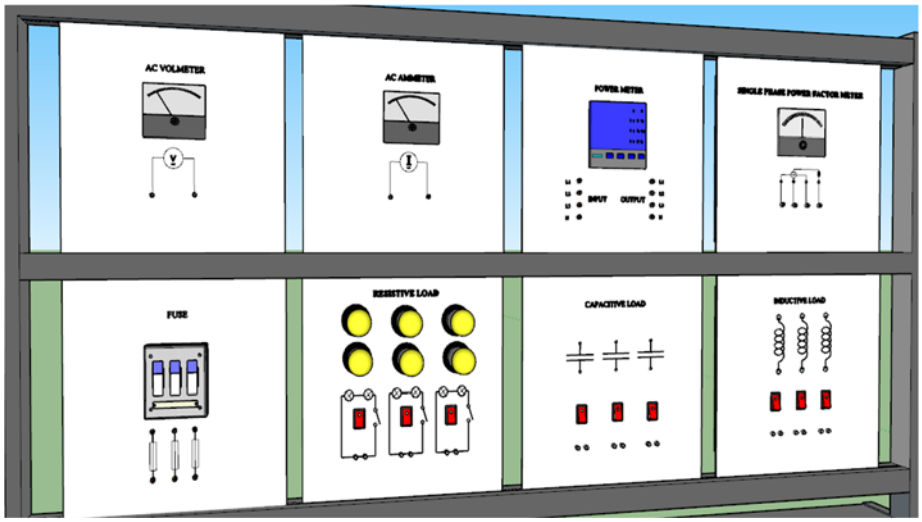
3.5.6 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้งานโปรแกรม สเก็ตอัพ (SketchUp)

โปรแกรม Google SketchUp เป็นโปรแกรมที่สร้างขึ้นภายใต้แนวคิดในการรวมเอาข้อดีจากการสร้างต้นแบบด้วยการใช้ดินสอเขียนลงบนกระดาษ และใช้สื่อดิจิตอลในการผสมผสานการ ใช้งานเข้าด้วยกัน ทำให้เกิดความยืดหยุ่นในการทำงาน มีระบบ intelligent guidance ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ประโยชน์จากจุด, เส้น, พื้นผิว เพื่อใช้อ้างอิงในการสร้างโมเดล ทำให้การสร้างงานเป็นไปอย่างลื่นไหลไม่ต้องการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่มีคุณลักษณะสูงมากนักก็สามารถสร้างโมเดลง่ายๆ ในเบื้องต้นได้ อีกทั้งยังมีอินเตอร์เฟสที่ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน โดยส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้ในงานออกแบบเชิงสถาปัตยกรรม งานออกแบบภายในและภายนอก การออกแบบกลไกลการทำงานของเครื่องจักรเฟอร์นิเจอร์ ภูมิประเทศ ผลิตภัณฑ์ รวมไปถึงงานออกแบบฉาก อาคาร และสิ่งก่อสร้างในเกม หรือจะเป็นเกมจัดฉากทำ Story Boards ในงานภาพยนตร์หรือละครโทรทัศน์ก็สามารถทำได้

3.6 ขั้นตอนการใช้งานโปรแกรม สเก็ตอัพ (SketchUp)

ในการออกแบบกรอบแนวคิดของการออกแบบสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ทางผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับโปรแกรม SketchUp รวมไปถึงการใช้งานโปรแกรมเพื่อนำไปออกแบบชิ้นงาน

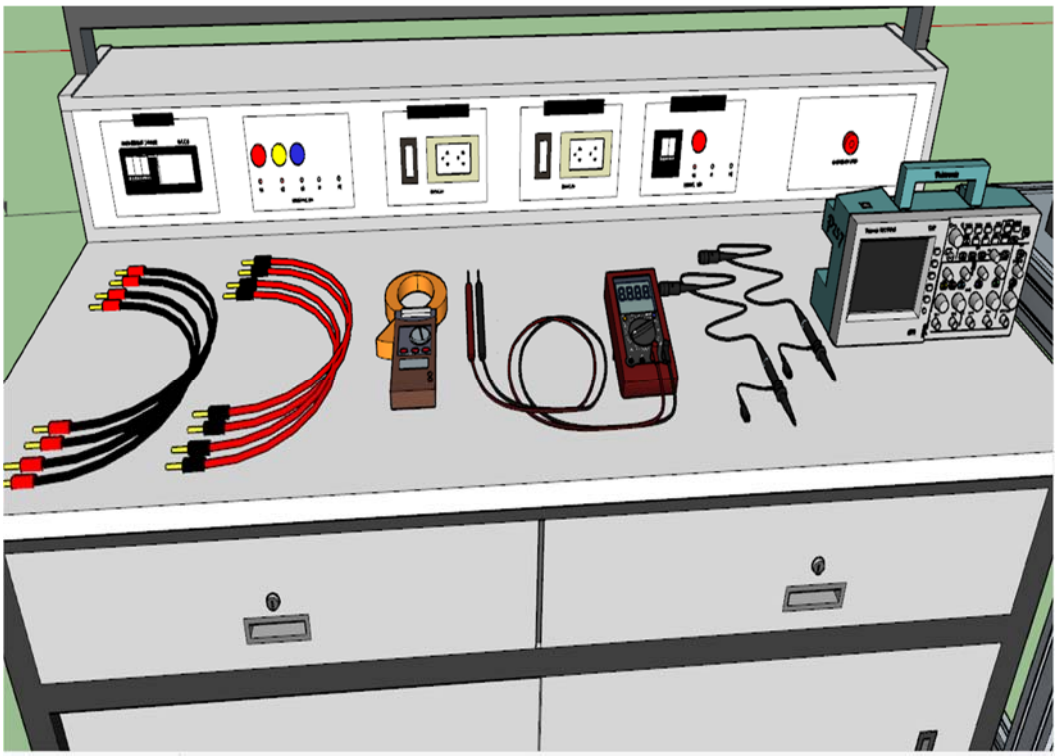
3.6.1 ส่วนประกอบของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส



รูปที่ 3.8 ด้านหน้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

3.6.1.1 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ประกอบด้วย

1) AC Voltmeter แบบอนาล็อก
2) AC Ammeter แบบอนาล็อก
3) Power meter แบบดิจิตอล
4) Power factor meter แบบอนาล็อก
5) Fuse กระบอก 5 A
6) Resistive load ใช้หลอดไส้ 40 W 3 ชุด
7) Capacitive load ใช้ขนาด 7.5 μF 450 V 3 ชุด
8) Inductive Load ใช้ขนาด 40 W 3 ชุด



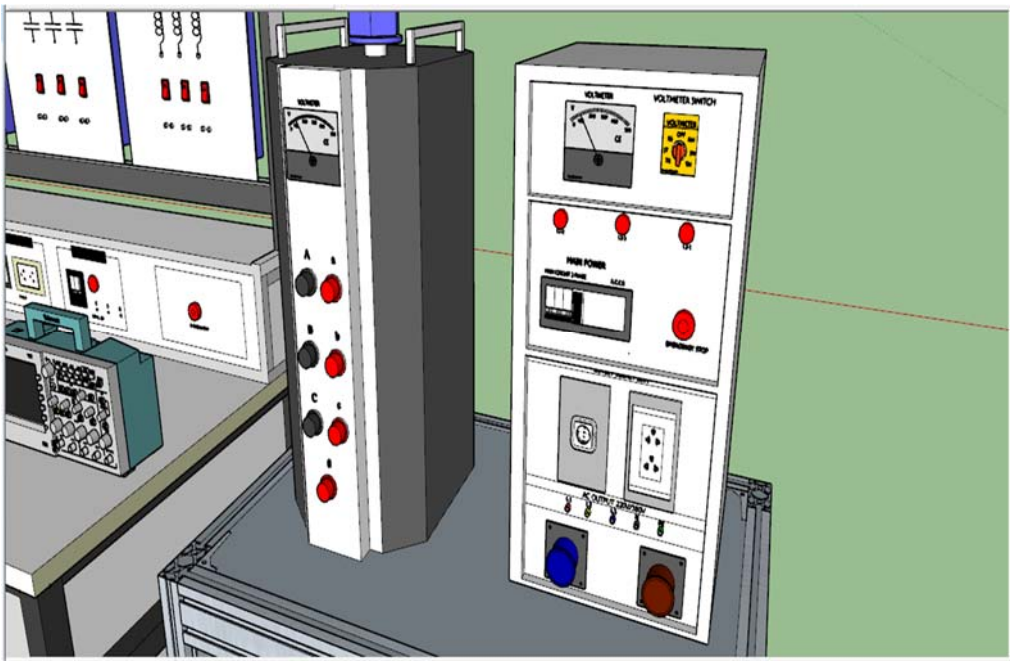
รูปที่ 3.9 ชุดโต๊ะวางเครื่องมือวัด

3.6.1.2 ภาพด้านหน้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ประกอบด้วย

1) สายไฟหัว Safety
2) AC Digital Clamp Meters
3) Digital Multimeter
4) Oscilloscope

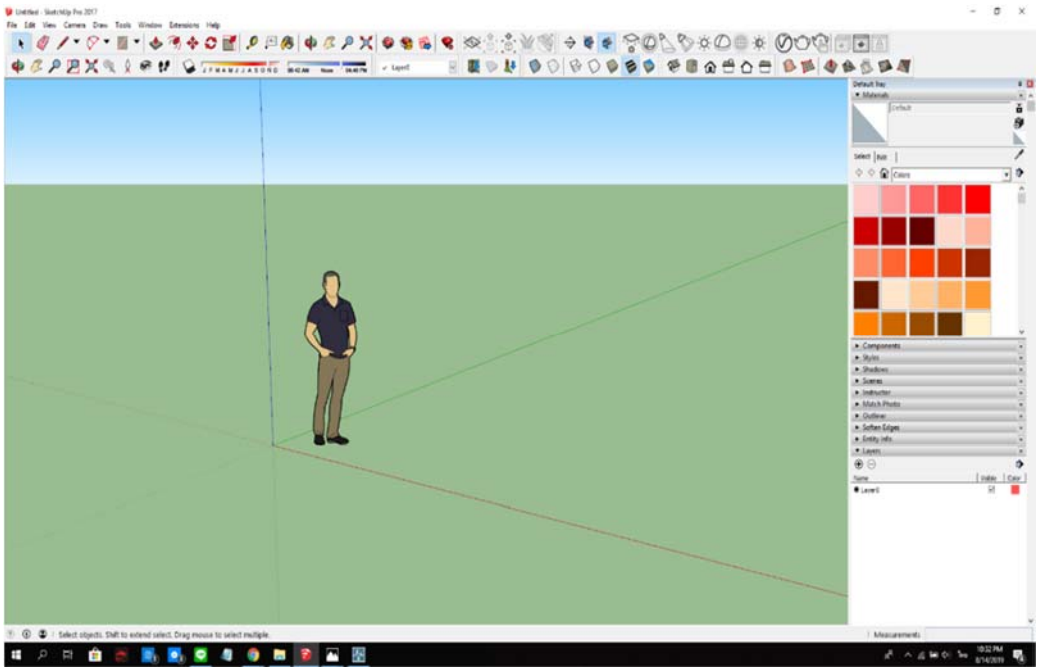
3.4.1.3 ภาพด้านหน้าของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ประกอบด้วย

1) Power supply
2) หม้อแปลงปรับค่าได้ 0-380 V (Variac)



รูปที่ 3.10 ด้านหน้าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

3.6.2 การออกแบบของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1เฟสและ 3 เฟส ในครั้งนี้ทางคณะผู้วิจัยได้ทำการใช้โปรแกรมพื้นฐานที่ใช้สำหรับการออกแบบทางด้านตัวเครื่องซึ่งทางคณะผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมสเก็ตอัพในการออกแบบ



รูปที่ 3.11 รูปหน้าต่างโปรแกรมสาหรับออกแบบ สเก็ตอัพ (SketchUp)

3.7 ออกแบบและสร้างตัวเครื่อง

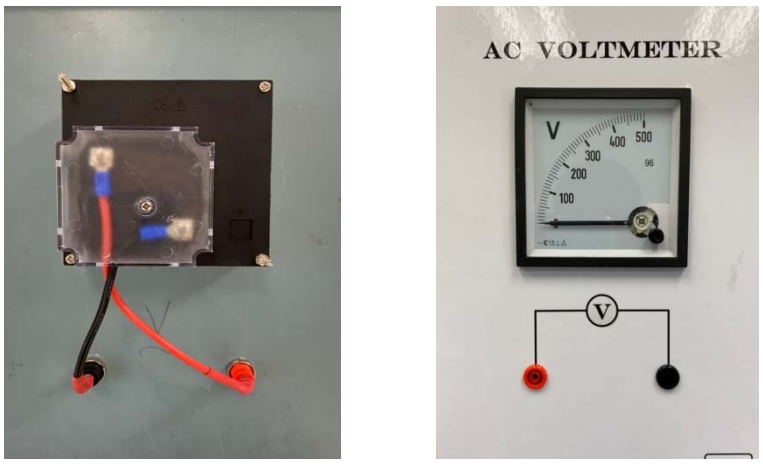
โดยการออกแบบชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส จะแบ่งออกเป็น 1 ส่วน คือ ชุดโต๊ะวางเครื่องมือวัด โดยจะทำการออกแบบในแต่ละส่วนแล้วนำมาประกอบกันเป็นชิ้นงาน

รูปที่ 3.12 ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

จากรูปที่ 3.12 ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส โดยชุดโต๊ะวางเครื่องมือวัดจะประกอบด้วย AC Voltmeter จะใช้วัดแรงดันที่พิกัดแรงดัน ไม่เกิน 0-500 V AC Ammeter จะใช้วัดกระแสที่พิกัดไม่เกิน 0-10 A Power meter จะแสดงค่าพารามิเตอร์จากการทำงานของของโหลด R , L , C AC Power Factor Meter เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าคือ อัตราส่วนของกำลังงานจริง (Real Power ตัวกำลังงานปรากฏ Apparent Power) ในวงจรไฟฟ้า โหลด Resistive เพื่อศึกษาลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า โหลด Inductive เพื่อศึกษาลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า โหลด Capacitive เพื่อศึกษาลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า และฟิวส์ เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้าจากการที่มีกระแสไหลผ่านวงจรมากเกินไป

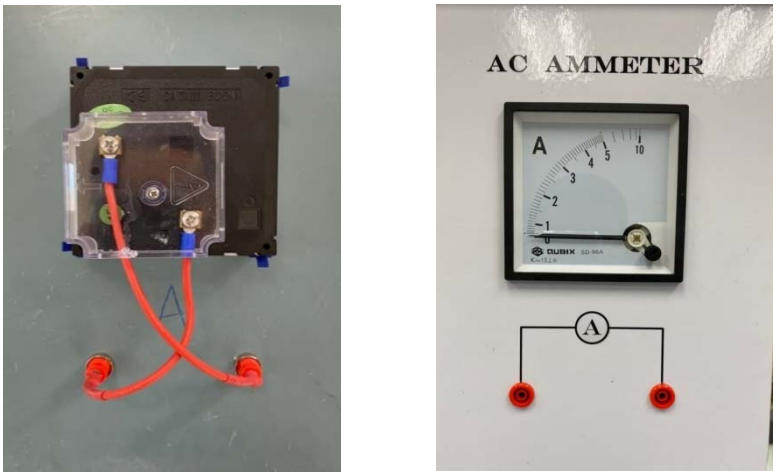
3.7.1 การออกแบบตัวเครื่อง

การออกแบบชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ผลจากการสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส นั้นสามารถนำไปใช้งานได้จริง



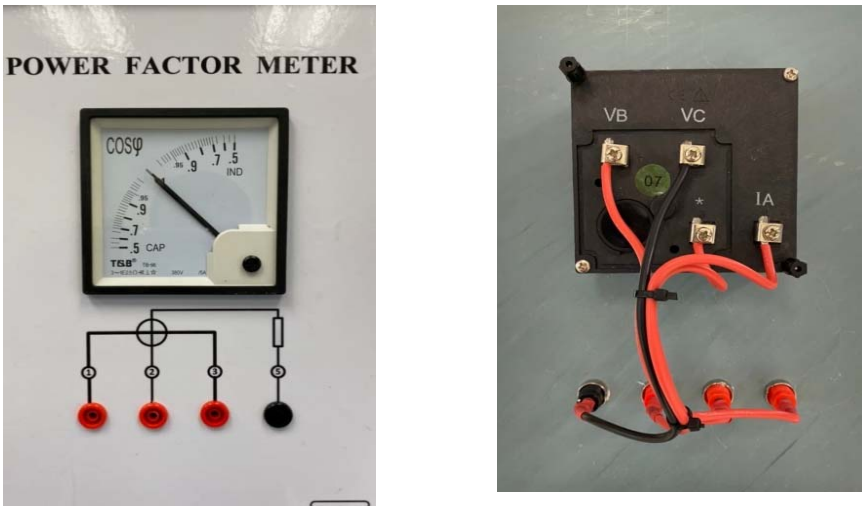
รูปที่ 3.13 AC Voltmeter ขนาด 5 A ช่วง 0-500 V

รูปที่ 3.13 AC Voltmeter จะใช้วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่พิกัดแรงดันตั้งแต่ 0-500 V พิกัดกระแสไม่เกิน 5 แอมป์ มีขนาดหน้าปัด 96X96 มิลลิเมตร ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



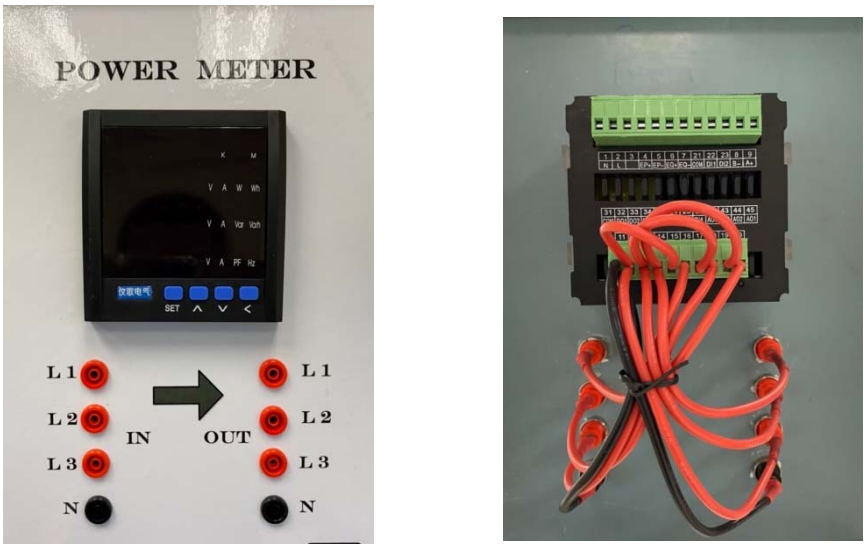
รูปที่ 3.14 AC Ammeter 0-10 A ช่วง 0-10 A

รูปที่ 3.14 AC Ammeter จะใช้วัดกระแสที่พิกัดตั้งแต่ 0-10 A วัดกระแสได้ไม่เกิน 10 แอมป์ มีขนาดหน้าปัด 96X96 มิลลิเมตร ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



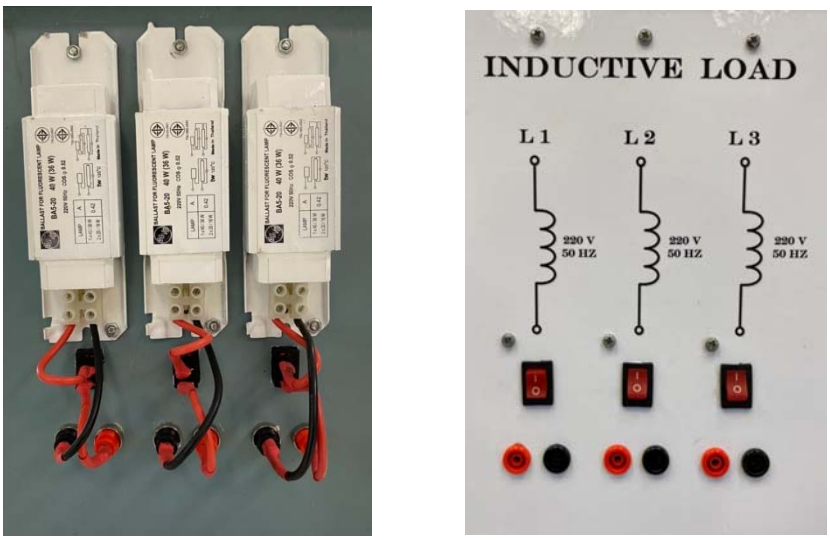
รูปที่ 3.15 Power Factor Meter ขนาด 5 A ช่วง ±1

รูปที่ 3.15 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ที่ย่านไม่เกิน ± 1 มีขนาดหน้าปัด 96X96 มิลลิเมตร ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



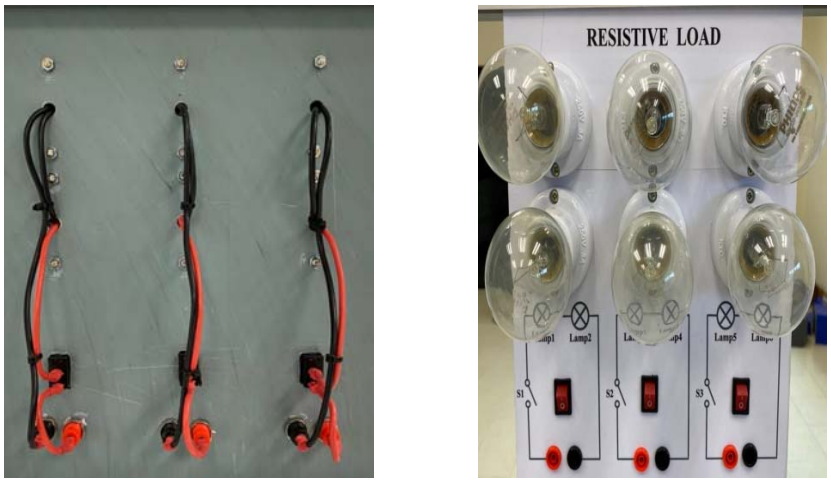
รูปที่ 3.16 พาวเวอร์มิเตอร์ 3 เฟส รุ่น YG899E-AS4

รูปที่ 3.16 Power meter จะแสดงค่าพารามิเตอร์จากการทำงานของของโหลด R , L , C มีขนาดหน้าปัด 96X96 มิลลิเมตร ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



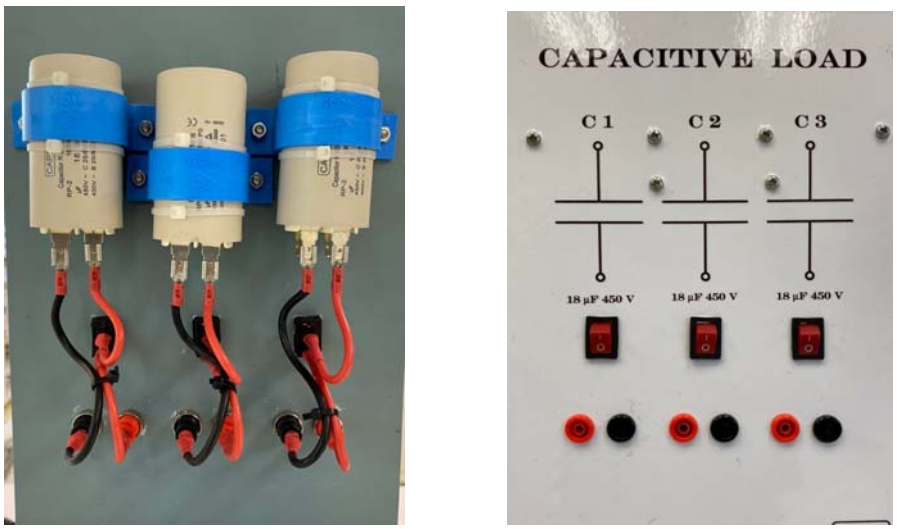
รูปที่ 3.17 Inductive Load ขนาด 40 W 220 V / 3 ชุด

รูปที่ 3.17 โหลด Inductive มีพิกัด 40 W 220 V 50 Hz ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



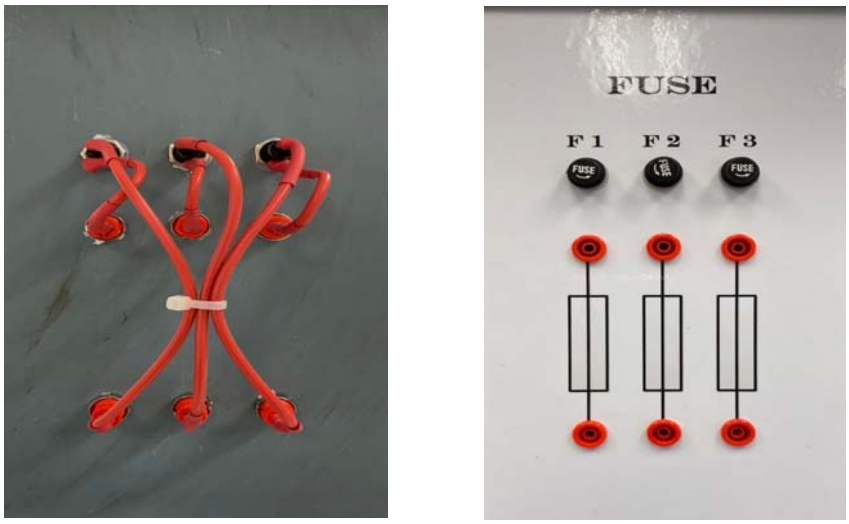
รูปที่ 3.18 Resistive Load ขนาด 40 W / 3 ชุด

รูปที่ 3.18 โหลด Resistive ใช้หลอดไส้ขนาด 40 W ต่อแบบอนุกรม ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 25 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.19 Capacitive Load ใช้ขนาด 7.5 µF 450 V / 3 ชุด

รูปที่ 3.19 โหลด Capacitor ใช้ขนาด 7.5 µF 450 V ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 2 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร



รูปที่ 3.20 ฟิวส์กระบอกใช้ขนาด 5 แอมป์ / 3 ชุด

รูปที่ 3.20 ฟิวส์กระบอกใช้ขนาด 5 แอมป์ ใช้ขนาดแผ่นหน้ากาก กว้าง 15 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร หนา 4 มิลลิเมตร

3.8 อุปกรณ์ที่ใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการออกแบบชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

อุปกรณ์	จำนวน
หม้อแปลงปรับค่าได้ 0-260 V 2000 VA	1 ตัว
Power meter	1 ตัว
AC Ammeter Panel 5 A	1 ตัว
AC Voltmeter Panel 400 V	1 ตัว
AC Power Factor Meter	1 ตัว
Digital Oscilloscope	1 ตัว
Digital Multimeter	1 ตัว
Power Supply	1 ตัว
สายไฟจั๊มเปอร์หัวเซฟตี้	70 เส้น
ฟิวส์	3 ตัว
โหลด Resistive	1 ชุด
โหลด Inductive	1 ชุด
โหลด Capacitive	1 ชุด
Digital Clamp Multimeter	1 ตัว

รูปที่ 3.21 หม้อแปลงปรับค่าได้ (Variac) 0-260 V

3.8.1 วาริแอค หม้อแปลงปรับค่าแรงดันไฟฟ้า VARIAC หรือ หม้อแปลงสไลด์ (Slide Up) หรือ หม้อแปลงแกนหมุน สำหรับระบบไฟกระแสสลับ AC ใช้ในการปรับแรงดันไฟฟ้าได้อย่างราบรื่น จากค่าศูนย์ ไปจนถึงค่าสูงสุดใช้กับ อุปกรณ์ที่ต้องการแรงดันคงที่

รูปที่ 3.22 Power Meter 3 เฟส รุ่น YG899E-AS4

3.8.2 พาวเวอร์มิเตอร์ คือ อุปกรณ์แสดง " ค่าพารามิเตอร์และปริมาณพลังงานไฟฟ้า " เช่น แรงดัน , กระแส , กำลังงานไฟฟ้าจริง , กำลังงานไฟฟ้ารีแอคทีฟ และ Harmonic เป็นต้น เพื่อให้ทราบถึงค่าทางไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและการใช้พลังงานไฟฟ้าได้

รูปที่ 3.23 AC Ammeter Panel ขนาด 10 A ช่วง 0-10 A

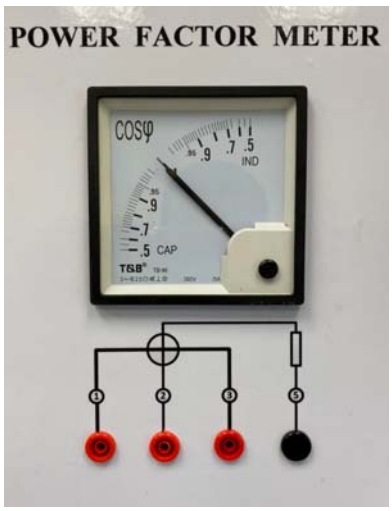
3.8.3 AC Ammeter Panel 5 A คือ เครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดปริมาณกระแสไฟฟ้า (Current : I) เมื่อมีการนำไปใช้งานในวงจรไฟฟ้าจะต้องต่อแบบอนุกรรม (Series Connection) กับวงจร หรืออนุกรมกับโหลด (Load) เสมอถ้าหากมีการนำไปต่อขนาน (Parallel Connection) จะทำให้เกิดความเสียหายกับเครื่องวัดได้ ทั้งนี้เนื่องจากโครงสร้างภายในของแอมมิเตอร์นั้นถูกออกแบบมาให้มีค่าความต้านทานที่ต่ำ (Low Resistance) เมื่อถูกต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้าจะต้องไม่มีผลกระทบต่อ

วงจร แอมมิเตอร์ที่ใช้สำหรับวัดกระแสไฟตรงนั้น นิยมเรียกกันว่า ดีซี แอมมิเตอร์ (DC Ammeter) เครื่องวัดชนิดนี้จะอาศัยหลักการทำงานของเครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (PMMC)

รูปที่ 3.24 AC Voltmeter Panel ขนาด 5 A ช่วง 0-500 V

3.8.4 AC Voltmeter Panel 500 V

คือ เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าหรือโวลต์มิเตอร์เป็นมิเตอร์ที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้วัดความต่างศักย์ไฟฟ้า (แรงดันไฟฟ้า) ระหว่างจุดสองจุดในวงจรความจริงแล้วโวลต์มิเตอร์ก็คือแอมมิเตอร์ นั่นเอง เพราะขณะทำการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรหรือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะต้องมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์จึงทำให้เข็มบ่ายเบนไป



รูปที่ 3.25 Power Factor meter ขนาด 5 A ช่วง ± 1

3.8.5 Power Factor meter เครื่องวัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือ ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor: PF) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าคือ อัตราส่วนของกำลังงาน

จริง (Real Power ตัวกำลังงานปรากฏ Apparent Power) ในวงจรไฟฟ้าใดๆ จะมีค่าเปลี่ยนแปลงได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้านี้ ยิ่งมีค่าสูงยิ่งดี ดังรูป (ก) ซึ่งมีติดไว้ที่หน้าตู้ MDB ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าอาจเป็นแบบนำหน้า (Leading) หรือแบบตามหลัง (Lagging) ก็ได้ ขึ้นอยู่กับภาระโหลดของไฟฟ้า ถ้าภาระโหลดทางไฟฟ้าจำเป็นต้องใช้พลังงานส่วนหนึ่งเพื่อสร้างสนามแม่เหล็ก เช่น มอเตอร์ หม้อแปลง บัลลาสต์ เป็นต้น

รูปที่ 3.26 Digital Oscilloscope

3.8.6 Digital Oscilloscope ออสซิลโลสโคปใช้หลักการในการเบี่ยงเบนไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วย แคโทด ที่ปลายข้างหนึ่ง เพื่อยิง อิเล็กตรอน ที่ยังปลายอีกข้าง เมื่อเครื่องออสซิลโลสโคปรับสัญญาณ ก็จะเร่งการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนเพื่อแสดงผลของสัญญาณที่ได้รับ

รูปที่ 3.27 Digital Multimeter

3.8.7 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ (Digital Multimeter) คือ เครื่องมือวัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่รวมเอาทั้งแอมป์มิเตอร์ โวลท์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ และมิเตอร์วัดค่าปริมาณทางไฟฟ้าอื่นๆ ไว้ในเครื่องเดียวกัน มิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้า หรือ Electrical Meter คืออุปกรณ์ที่ใช้วัดและแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้า เช่น กระแส แรงดัน ความต้านทาน กำลังไฟฟ้า เป็นต้น มิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้าจึงเป็นอุปกรณ์พื้นฐานในงานด้านไฟฟ้า งานติดตั้งระบบ และงานด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

รูปที่ 3.28 Power Supply

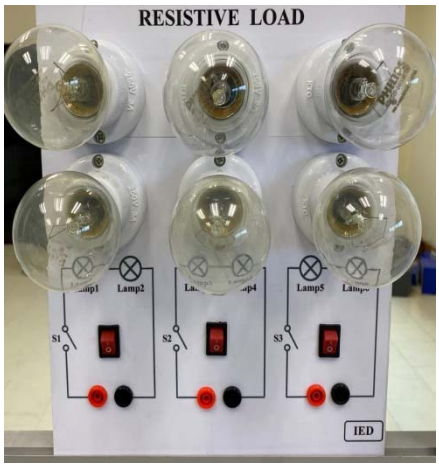
3.8.8 Power Supply เป็นอุปกรณ์ที่จ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับโหลดไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ในการแปลงพลังงานไฟฟ้าจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง

รูปที่ 3.29 สายไฟจั๊มเปอร์หัวเซฟตี้

3.8.9 สายไฟ ใช้ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์

รูปที่ 3.30 ฟิวส์หลอดแก้ว

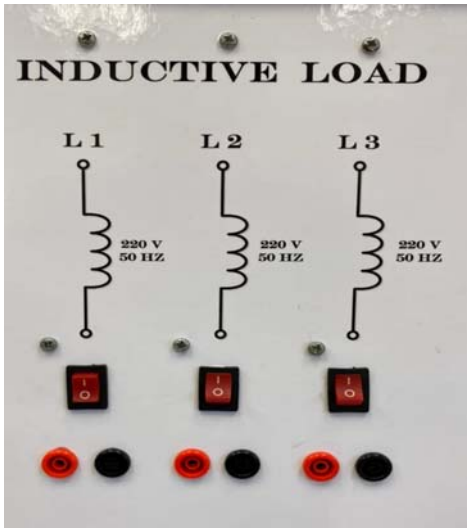
3.8.10 ฟิวส์ หลักการทำงานของ Fuse ฟิวส์ (Fuse) เป็นอุปกรณ์ป้องกันวงจรไฟฟ้าจากการที่มีกระแสไหลผ่านวงจรมากเกินไป (Overload Current) หรือเกิดไฟฟ้าลัดวงจร (Short Circuit Current) เมื่อมีกระแสที่มากกว่ากระแสที่ฟิวส์ทนได้ (Current Rating) ลักษณะการทำงานคือเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านฟิวส์จะเกิดการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานความร้อนให้กับฟิวส์เล็กน้อย แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านฟิวส์มีค่ามากเกินไป (Overload Current) จะทำให้พลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นมีค่ามากจนฟิวส์หลอมละลายได้เนื่องจากฟิวส์นั้นทำจากโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำจึงทำให้วงจรขาดได้ง่ายและเกิดการตัดกระแสไฟออกจากวงจรไฟฟ้าทันทีเพื่อเป็นการป้องกันความเสียหายที่จะเกิดขึ้น



รูปที่ 3.31 โหลด Resistive ขนาด 40 W / 3 ชุด

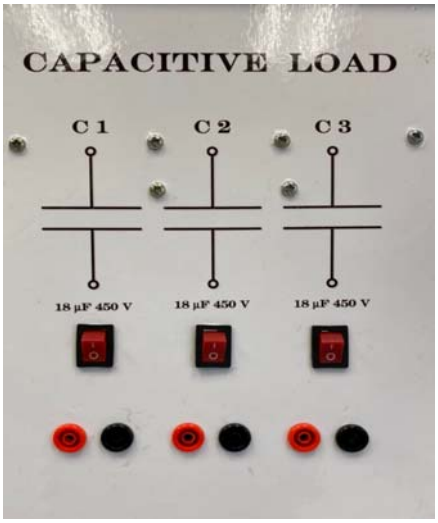
3.8.10 โหลด Resistive โหลดตัวต้านทานจะขัดขวางการไหลของพลังงานไฟฟ้าในวงจรและแปลงเป็นพลังงานความร้อนเนื่องจากพลังงานตกคร่อมเกิดขึ้นในวงจร หลอดไฟและฮีตเตอร์เป็นตัวอย่างของโหลดความต้านทาน โหลดความต้านทานใช้พลังงานในลักษณะเพื่อให้กระแสและคลื่น

แรงดันยังคงอยู่ในเฟสเดียวกัน ดังนั้นตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดตัวต้านทานจึงยังคงเป็นเอกภาพ



รูปที่ 3.32 โหลด Inductive ขนาด 40 W 220 V / 3 ชุด

3.8.11 โหลด Inductive โหลดอุปนัยใช้สนามแม่เหล็กสำหรับทำงาน หม้อแปลงเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามอเตอร์เป็นตัวอย่างของการโหลด โหลดอุปนัยมีขดลวดที่เก็บพลังงานแม่เหล็กเมื่อกระแสผ่านมัน คลื่นปัจจุบันของโหลดอุปนัยจะล้าหลังคลื่นแรงดันไฟฟ้าและปัจจัยอำนาจของโหลดอุปนัยก็ปกคลุมด้วย



รูปที่ 3.33 โหลด Capaciter ขนาด 7.5 µF 450 V / 3 ชุด

3.8.12 โหลด Capacitive คลื่นแรงดันคือนำคลื่นปัจจุบัน ตัวอย่างของโหลดตัวเก็บประจุคือธนาคารตัวเก็บประจุวงจรเริ่มต้นมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเป็นต้นตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโหลดประเภทนั้นเป็นผู้นำ

รูปที่ 3.34 Digital Clamp Multimeter

3.8.13 Digital Clamp Multimeter คือ แคลมป์มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องมือทางไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ซึ่งใช้สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้า (Current Measurement) ที่ไหลในวงจรโดยไม่ต้องดับไฟหรือหยุดการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำ โดยแคลมป์มิเตอร์จะมีส่วนคล้ายกับก้ามปูเพื่อใช้คล้องกับสายไฟและสามารถอ่านค่าได้ทันที

3.9 สร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.9.1 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

3.9.1.1 แบบทดสอบ ได้แก่ 1) แบบทดสอบก่อนเรียน 2) ใบงานการทดลองระหว่างเรียน และ 3) แบบทดสอบหลังเรียน

3.9.1.2 ชุดทดลองระบบไฟฟ้า1 เฟสและ 3 เฟส

3.9.1.3 แบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า1 เฟสและ 3 เฟส

3.9.1.4 แบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับผู้เรียน

3.9.2 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัยแต่ละประเภท

3.9.2.1 การสร้างและหาคุณภาพของแบบทดสอบ สำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ แบ่งแบบทดสอบ ออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ 1) แบบทดสอบก่อนเรียน และ 2) แบบทดสอบหลังเรียน โดยในส่วนของแบบทดสอบระหว่างเรียนจะเลือกใช้เป็นใบงานการทดลอง 5 ใบงาน ซึ่งการสร้างแบบทดสอบทั้ง 2 ส่วนและใบงานการทดลองทั้ง 5 ใบงาน ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพตามขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดหัวข้อย่อยของเนื้อหาเรื่องไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสและ 3 เฟส ในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าออกเป็น 6 หัวข้อย่อย ได้แก่

1.1 จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้

1.2 อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้
1.3 บอกความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้
1.4 บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลัง ไฟฟ้าได้
1.5 บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้
1.6 บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้

2. ร่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำหัวข้อเนื้อหาทั้งหมด หัวข้อเรื่อง ร่างเป็นวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมด 6 ข้อ

3. ร่างข้อสอบให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม จำนวนข้อสอบที่ร่างไว้จำนวน 25 ข้อ โดยเป็นไปตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1) จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้ มีข้อสอบจำนวน 5 ข้อ ข้อที่ 2) อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้ มีข้อสอบจำนวน 3 ข้อ ข้อที่ 3) บอกความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้ มีข้อสอบจำนวน 2 ข้อ ข้อที่ 4) บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้ มีข้อสอบจำนวน 6 ข้อ ข้อที่ 5) บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้ มีข้อสอบจำนวน 4 ข้อ ข้อที่ 6) บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้มีข้อสอบจำนวน 5 ข้อ รวมวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 6 ข้อ มีข้อสอบจำนวน 25 ข้อ

4. สร้างแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการทำแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญเพื่อทำการประเมินชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส โดยในแบบประเมินก็จะประกอบไปด้วยสาระสำคัญเกี่ยวกับการทำชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส และขั้นตอนการสร้างแบบประเมินสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

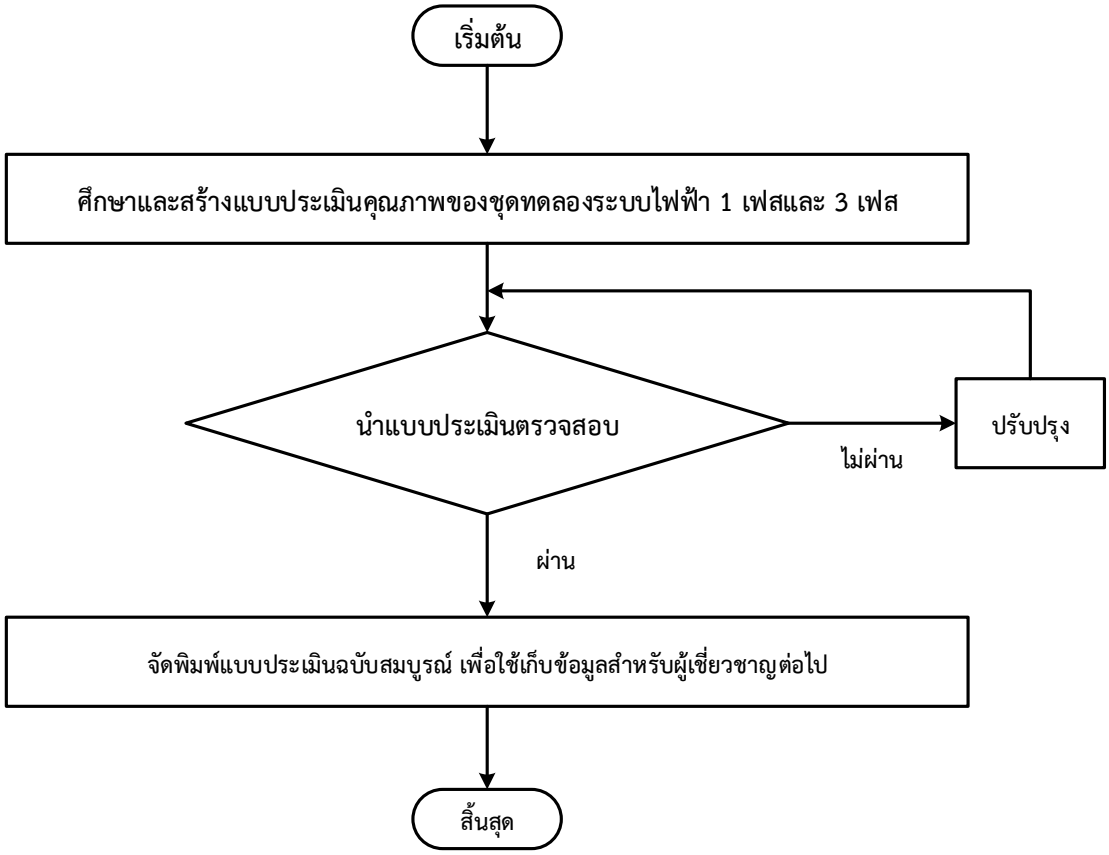
5. ดำเนินการให้ผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 คน ประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

6. วิเคราะห์และสรุปผลคุณภาพของแบบทดสอบ เริ่มจากนำแบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ที่เก็บรวบรวมได้จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 คน วิเคราะห์ค่า IOC และสรุปผล

7. นำแบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์ IOC มาดำเนินการแยกเป็น แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน โดยข้อสอบทั้ง 2 ฉบับ มีลักษณะเป็นข้อสอบแบบคู่ขนาน

8. จัดเตรียมแบบทดสอบให้พร้อม เพื่อที่จะนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.9.2.2 การสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ตามขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 3.35 ขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

จากภาพสามารถอธิบายขั้นตอนการสร้างและหาคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ได้ตามลำดับดังนี้

1. ศึกษาเอกสารและตำราที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบประเมิน โดยมีสาระสำคัญในการประเมินดังนี้โดยจะแบ่งออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสซึ่งในตอนที่ 2 มีรายการประเมินในด้านต่างๆ ดังนี้ ด้านความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา ด้านใบความรู้ ด้านสื่อการสอน (Power point) แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ด้านใบงานการทดลอง และชุดปฏิบัติการทดลอง

2. นำแบบประเมินที่ได้ไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบเพื่อความถูกต้องของแบบประเมิน ถ้าหากผ่านก็จะนำไปจัดพิมพ์นำไปเก็บรวบรวมข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญต่อไป

3. สร้างแบบประเมินคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสสำหรับผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งแบบประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสโดยผู้เชี่ยวชาญ จะแบ่ง

ออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่1 ข้อมูลทั่วไปของผู้เชี่ยวชาญ ตอนที่ 2 การประเมินคุณภาพชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสซึ่งในตอนที่ 2 มีรายการประเมินในด้านต่างๆ ดังนี้ ด้านความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา ด้านใบความรู้ ด้านสื่อการสอน (Power point) แบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน ด้านใบงานการทดลอง และชุดปฏิบัติการทดลอง (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 113)

4. ประเมินคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสโดยผู้เชี่ยวชาญการประเมินคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส ผู้วิจัยได้นำแบบประเมินคุณภาพที่สร้างขึ้นเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 คน โดยเริ่มจากผู้วิจัยนำเสนอชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 ต่อผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด จากนั้น ให้ผู้เชี่ยวชาญ 3 คน ดำเนินการประเมินคุณภาพชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 โดยใช้แบบประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ข หน้า 116)

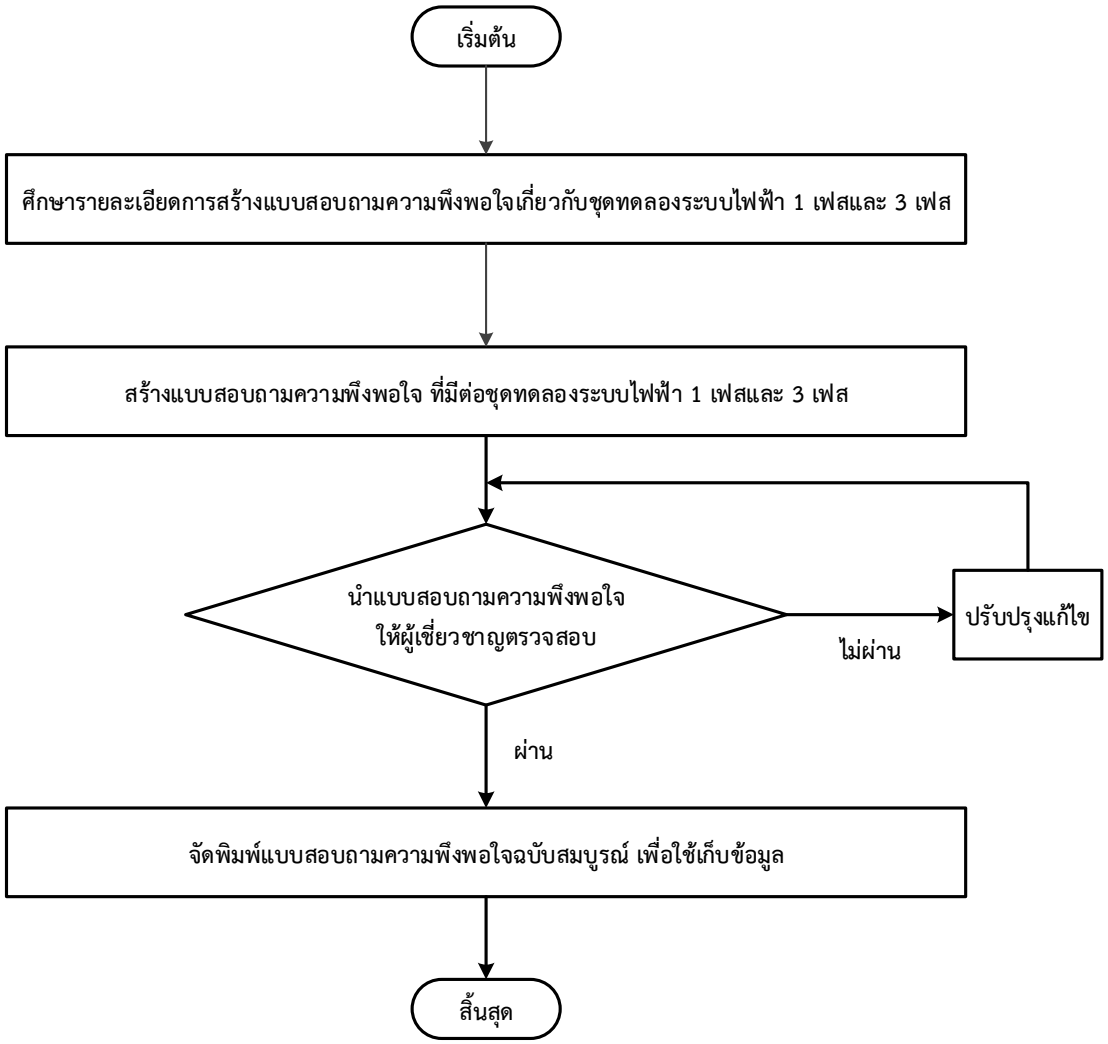
5. วิเคราะห์และสรุปผลคุณภาพของชุดทดลองทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส เริ่มจากผู้วิจัยนำแบบประเมินที่เก็บรวบรวมได้จากผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด 3 ฉบับ มาดำเนินการวิเคราะห์ผลโดยใช้สถิติ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Microsoft Excel จากนั้นนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาเทียบกับเกณฑ์ประเมิน และสรุปผล

6. ปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญดังต่อไปนี้

- ควรมีคู่มือและวิธีการบำรุงรักษาชุดทดลองเพื่อง่ายต่อการดูแล

7. จัดเตรียมชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ให้พร้อมก่อนนำไปทดลองใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

3.9.1.3 การสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ



รูปที่ 3.39 ขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ

จากรูปที่ 3.39 สามารถอธิบายขั้นตอนการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจสำหรับผู้เรียนได้ดังนี้

1. ศึกษาการสร้างแบบสอบถามความพึงพอใจ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสอบถามความพึ่งพอใจ เป็นแบบสอบถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สอบถามความพึงพอใจของผู้เรียนหลังจากที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

2. สร้างแบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

3. นำแบบทดสอบความพึงพอใจที่ได้ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ ถ้าหากผ่านก็เตรียมนำไปใช้กับนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส แต่ถ้าหากไม่ผ่านก็นำไปปรับปรุง

แก้ไขตามคำแนะนำ ซึ่งแบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้นแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 แบบสอบถามความพึงพอใจ ตอนที่ 2 ความคิดเห็นเพิ่มเติม (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 219)

3.10 ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

3.10.1 การดำเนินการทดลอง

การวิจัยเรื่องชุดชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ในครั้งนี้ เป็นการวิจัยแบบทดลองและใช้แผนการทดลองแบบจะศึกษากลุ่มตัวอย่างโดยใช้วิธีเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควต้า วัดก่อนการทดลองระหว่างการทดลองและหลังการทดลองซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.10.1.1 เลือกกลุ่มตัวอย่างเป็นกลุ่มทดลองโดยใช้วิธีเลือกแบบโควต้า

3.10.1.2 ทำการทดสอบแบบทดสอบก่อนเรียน

3.10.1.3 ทำการทดลองกับกลุ่มทดลอง

3.10.1.4 ทำใบงานการทดลองระหว่างเรียน

3.10.1.5 ทำการทดสอบแบบทดสอบหลังเรียน

เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างผลการทดสอบก่อน ระหว่าง และหลังการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง

3.10.2 ขั้นตอนการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการนำชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ไปทดลองใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 46 คน ได้แก่ผู้เรียนที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า หลักสูตรสาขาวิชาทักษะพื้นฐานทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ สาขาไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต ในปีการศึกษา 2/2564 ซึ่งการเก็บรวบรวมข้อมูลกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.10.2.1 สร้างความเข้าใจ อธิบาย และชี้แจงให้ผู้เรียนทราบเกี่ยวกับ วิธีการใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

3.10.2.2 นำชุดทดลอง ระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ไปทดลองใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 46 คน

3.10.2.3 ให้ผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างจำนวน 46 คน ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใบงานการทดลองระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียนของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

3.10.2.4. เก็บรวบรวมผลการทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใบงานการทดลองระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

3.10.2.5 เก็บรวบรวมความพึงพอใจของผู้เรียน โดยใช้แบบสอบถามความพึงพอใจที่สร้างขึ้น

รูปที่ 3.40 การทดลองใช้สื่อกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

รูปที่ 3.41 การทดลองใช้สื่อการสอนกับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่าง

3.11 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ข้อมูลต่างๆโดยใช้สูตรทางสถิติ ดังต่อไปนี้

3.11.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

3.11.1.1 ค่าเฉลี่ย (Mean) มีสูตรการหาดังนี้

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{N}$$

$\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum x$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมด

3.11.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

3.11.2.1 การหาค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้ (E_1) มีสูตรการหา ดังนี้

$$E_1 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{T} \bullet 100$$

E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้

$\sum x$ คือ คะแนนรวม

N คือ จำนวนคน

T คือ คะแนนเต็ม

3.11.2.2 การหาค่าประสิทธิภาพหลังใช้ (E_2) มีสูตรการหา ดังนี้

$$E_2 = \frac{\frac{\sum x}{N}}{T} \bullet 100$$

E_1 คือ ค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้

$\sum x$ คือ คะแนนรวม

N คือ จำนวนคน

T คือ คะแนนเต็ม

ค่าประสิทธิภาพจะเป็น E_1/E_2 หลังจากได้ทำแบบทดสอบระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียนแล้วค่าประสิทธิภาพที่ได้จะต้องไม่ต่ำกว่าเกณฑ์ 75/75 คือค่าประสิทธิภาพรหว่างใช้ 75 และค่าประสิทธิภาพหลังใช้ 75 หากผ่านเกณฑ์ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

3.11.2.2 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลของการหาคุณภาพของข้อสอบ

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

มีสูตรการหา ดังนี้

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

IOC คือ ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ คือ ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาทั้งหมด

N คือ จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ถ้าค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 นั้น แสดงว่าข้อสอบข้อนั้นนำไปใช้เป็นข้อสอบได้ แต่หากค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมได้น้อยกว่า 0.5 แสดงว่าข้อสอบนั้นไม่สามารถนำใช้ได้หรือต้องปรับปรุงแก้ไขใหม่

3.11.2.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เป็นการประเมินที่พิจารณาจากคะแนนการทำแบบทดสอบของผู้เรียนหลังจากที่ได้ทดลองเรียนรู้จากสื่อแล้ว ซึ่งวิธีที่นิยมใช้คือการเปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยการวิเคราะห์ค่าการแจกแจงค่าที (t-test) สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ไม่เป็นอิสระต่อกัน ใช้สูตรการคำนวณหาค่าทีแบบจับคู่ (Matched – paired t -test) โดยใช้สูตรดังนี้

$$T = \frac{\sum D}{\frac{\sqrt{N\sum^{D^2} - (\sum D)^2}}{N-1}}$$

โดยที่ $df = N - 1$

D คือ ความแตกต่างระหว่างคะแนนแต่ละคู่

($D = y\text{-}x$ โดยที่ X เป็นคะแนน *Pretest* y เป็นคะแนน *Posttest*)

N คือ จำนวนคู่

3.11.3 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - (\sum D)^2}{N-1}}}; df = n - 1$$

D คือ คะแนนหลังเรียน - คะแนนก่อนเรียน

3.11.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส

เกณฑ์ในการประเมินแบบสอบถามความพึงพอใจเป็นแบบสอบถามชนิดมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ตามแนวคิดของ ลิเกิร์ต (Likert) โดยมีระดับคะแนนดังนี้

ดีมาก	มีค่าคะแนนเท่ากับ	5
ดี	มีค่าคะแนนเท่ากับ	4
ปานกลาง	มีค่าคะแนนเท่ากับ	3
พอใช้	มีค่าคะแนนเท่ากับ	2
ควรปรับปรุง	มีค่าคะแนนเท่ากับ	1

โดยมีเกณฑ์การตีความหมายของการแสดงความพึงพอใจตามแบบของ John W.Best ตามเกณฑ์ดังนี้

เกณฑ์	**ระดับความคิดเห็น**
4.50-5.00	ดีมาก
3.50-4.49	ดี
2.50-3.49	ปานกลาง
1.50-2.49	พอใช้
1.00-1.49	ควรปรับปรุง

บทที่ 4
ผลการวิจัย

ทางคณะผู้วิจัยได้สร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ขึ้นมาเพื่อพัฒนากระบวนการส่งเสริมศักยภาพผู้เรียนรายวิชาปฏิบัติการไฟฟ้าให้กับนักศึกษาหลักสูตรสาขาวิชาไฟฟ้า ได้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า เพื่อเพิ่มทักษะความรู้ทางด้านการปฏิบัติให้แก่นักศึกษา โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยดังนี้ 1) เพื่อสร้างชุดสาธิตสำหรับการทดสอบระบบไฟฟ้า 3 เฟส สำหรับใช้ในการเรียนการสอนภาคปฏิบัติระบบไฟฟ้าเพื่อส่งเสริมทักษะการปฏิบัติและการพัฒนาความเป็นเลิศและโดดเด่นเฉพาะทางด้านการปฏิบัติให้กับผู้เรียน 2) เพื่อหาประสิทธิภาพของการเรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 3 เฟส และ 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดสาธิตการทำงานของชุดทดสอบระบบไฟฟ้า 3 เฟส

การดำเนินการวิจัยเริ่มจากผู้วิจัยได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นได้ทำการสร้างชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส และดำเนินการประเมินคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส โดยผู้เชี่ยวชาญและปรับปรุงแก้ไขเกี่ยวกับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ และสุดท้ายชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ไปทดลองใช้กับผู้เรียนกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 46 คน และดำเนินการวิเคราะห์ผลและสรุปผล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ผล สรุปผล และนำเสนอผลการวิจัยตามวัตถุประสงค์การวิจัยและสมมติฐานการวิจัย ตามลำดับดังนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบ 1 เฟสและ 3 เฟส

4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

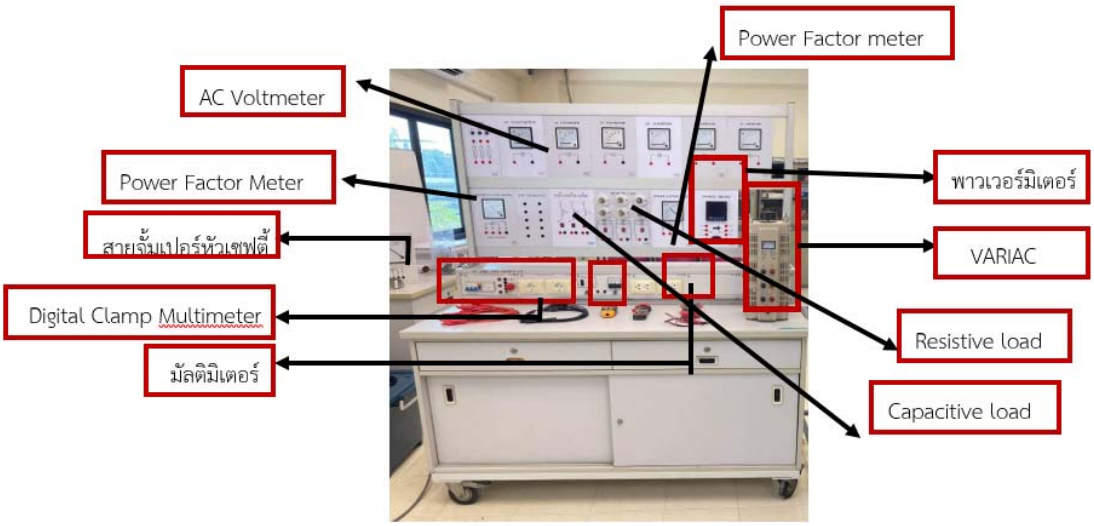
4.1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

การประเมินคุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีการประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ซึ่งผลการวิเคราะห์คุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีดังนี้

4.1.1 ผลการพัฒนาชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

โดยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ที่สร้างขึ้นนั้นจะมีอุปกรณ์ต่างๆ ประกอบสร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า โดยจะมีอุปกรณ์หลักๆคือ AC Voltmeter, AC Ammeter, Variac ระบบไฟฟ้า 1 เฟส , Variac ระบบไฟฟ้า 3 เฟส , Power meter , Power Factor , Resistive load , Capacitive load , Inductive Load , ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ , สายจั้มเปอร์หัวเซฟตี้ , Digital Clamp

Multimeter,Multimeter,Oscilloscope



รูปที่ 4.1 ชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส

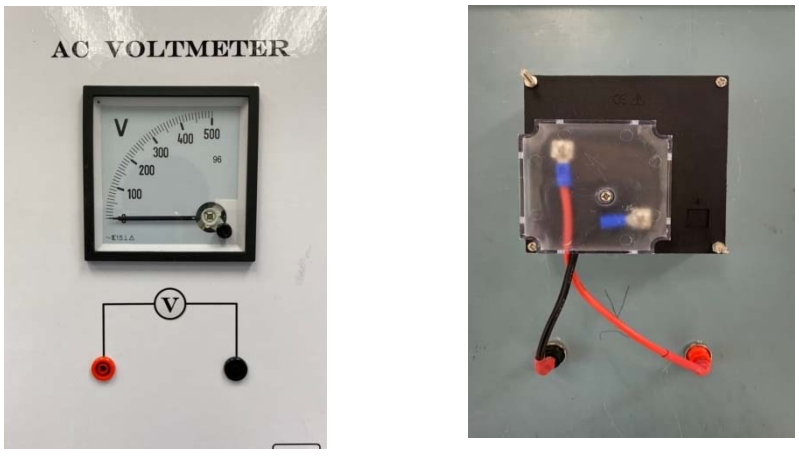
รูปที่ 4.2 สายจั้มเบอร์หัวเซฟตี้

รูปที่ 4.3 Digital Clamp Multimeter

รูปที่ 4.4 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

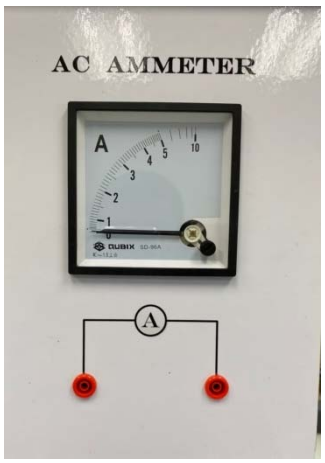
(ก) ด้านหน้าของพาวเวอร์มิเตอร์ (ข) ด้านหลังของพาวเวอร์มิเตอร์

รูปที่ 4.5 พาวเวอร์มิเตอร์ รุ่น YG899E-AS4

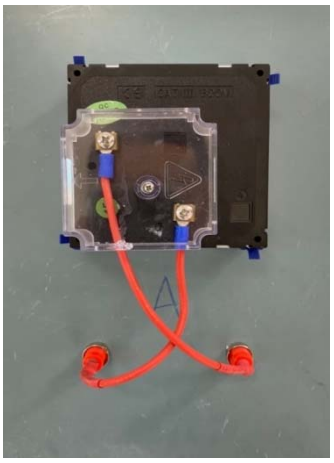


(ก) ด้านหน้าของ Ac Voltmeter (ข) ด้านหลังของ Ac Voltmeter

รูปที่ 4.6 AC Voltmeter 5 A 0-500 V

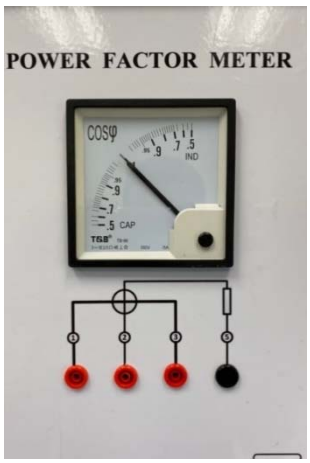


(ก) ด้านหน้าของ Ac Ammeter



(ข) ด้านหลังของ Ac Ammeter

รูปที่ 4.7 AC Ammeter ขนาด 10 A ช่วง 0-10 A



(ก) ด้านหน้าของ Power Factor Meter

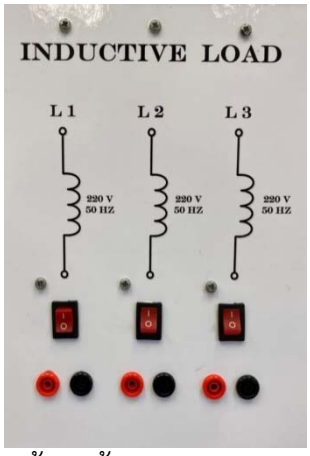
(ข) ด้านหลังของ Power Factor Meter

รูปที่ 4.8 Power Factor Meter ขนาด 5 A ช่วง ± 1

(ก) ด้านหน้าของ Resistive Load

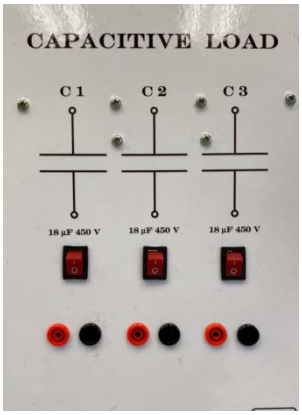
(ข) ด้านหลังของ Resistive Load

รูปที่ 4.9 Resistive Load 40 W / 3 ชุด



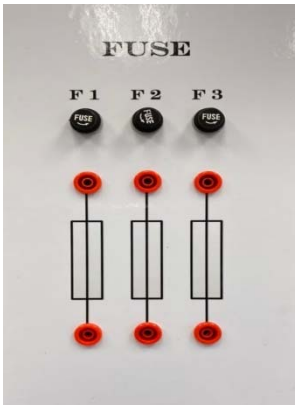
(ก) ด้านหน้าของ Inductive Load (ข) ด้านหลังของ Inductive Load

รูปที่ 4.10 Inductive Load ขนาด 40 W 220 V / 3 ชุด



(ก) ด้านหน้าของ Capacitive Load (ข) ด้านหลังของ Capacitive Load

รูปที่ 4.11 Capacitive Load ขนาด 7.5 µF 450 V / 3 ชุด



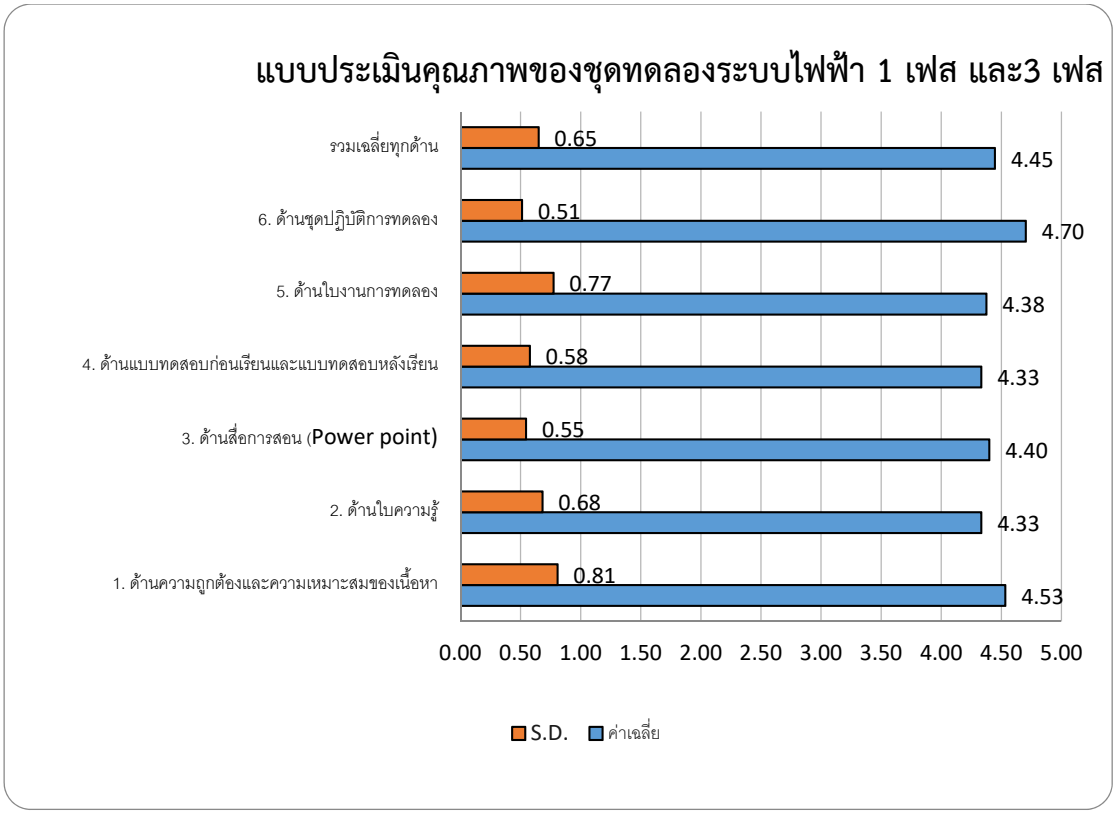
(ก) ด้านหน้าของ Fuse (ข) ด้านหลังของ Fuse

รูปที่ 4.12 Fuse ขนาด 5 A

(ก) VARIAC ชนิด 1 เฟส (ข) VARIAC ชนิด 3 เฟส

รูปที่ 4.13 หม้อแปลงปรับค่าได้ (Variac)

4.1.2 ผลการประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส



รูปที่ 4.14 ผลการประเมินคุณภาพสำหรับชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส

จากรูปที่ 4.14 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน เห็นว่าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีคุณภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65 และพบว่าด้านที่มีคุณภาพสูงกว่าด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านชุดปฏิบัติการทดลอง ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 รองลงมา ได้แก่ ด้านความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 รองลงมา ได้แก่ ด้านสื่อการสอน (Power point) ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 รองลงมา ได้แก่ ด้านใบงานการทดลอง ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.38 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 รองลงมา ได้แก่ ด้านใบความรู้ ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ด้านดังกล่าวจะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่นๆ แต่ก็ยังมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58

4.2 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส

ซึ่งประสิทธิภาพระหว่างใช้ (E1) จะหาได้จากค่าคะแนนของใบงานการทดลอง, ใบความรู้ (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 124)

ตารางที่ 4.1 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส

ประสิทธิภาพระหว่างใช้ (E1)			ประสิทธิภาพหลังใช้ (E2)
ใบงานการทดลองระหว่างเรียน	E1	เฉลี่ย E1	E2
ใบงานการทดลองที่ 1	77	78	86
ใบงานการทดลองที่ 2	79		
ใบงานการทดลองที่ 3	77		
ใบงานการทดลองที่ 4	78		
ใบงานการทดลองที่ 5	79		

จากตารางที่ 4-1 พบว่าชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส มีประสิทธิภาพร้อยละ 78/80 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 75/75 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 121)

4.3 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส

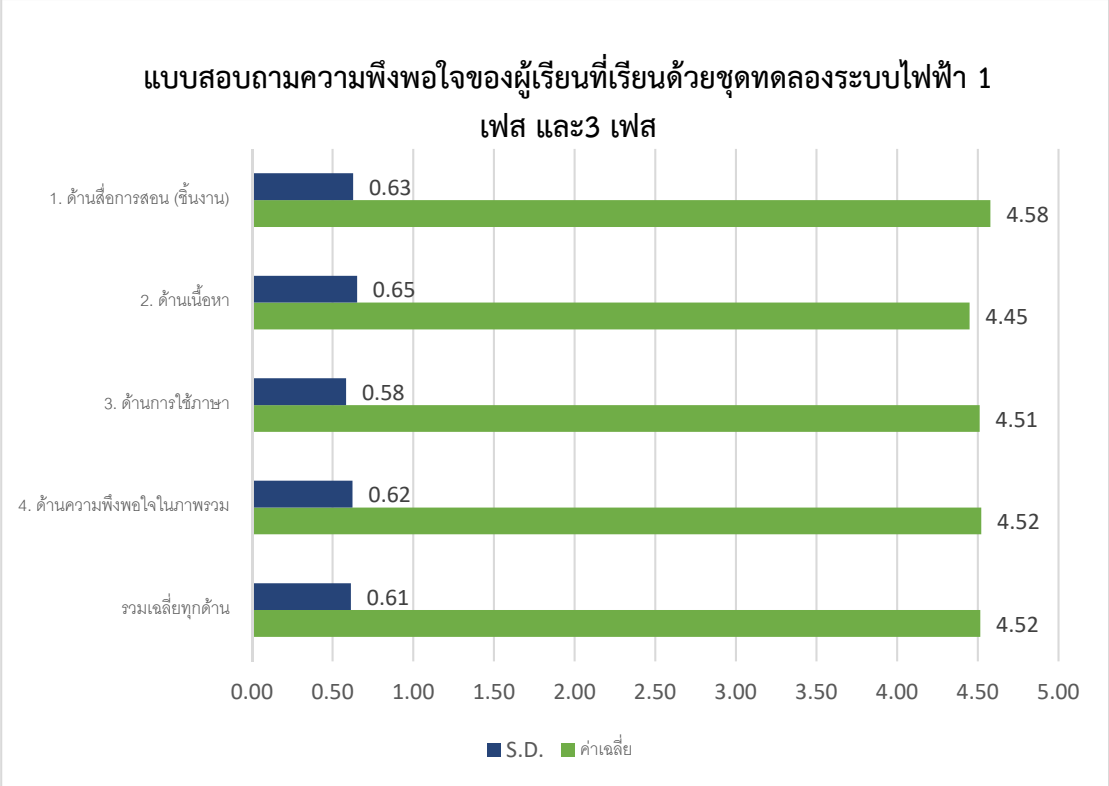
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส

แบบทดสอบ	n	T	$\bar{X}$	S.D.	$t_{คำนวณ}$	$t_{ตาราง}$
แบบทดสอบก่อนเรียน	46	12	4.70	1.56	25	1.679
แบบทดสอบหลังเรียน	46	12	10.30	1.19		

* ระดับนัยสำคัญทางสถิติ .05 , df = 45

จากตารางที่ 4-2 พบว่าชุดทดลองระบบไฟฟ้า เฟส 1 และ 3 เฟส ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยภาพรวมผู้เรียนทำคะแนนจากแบบทดสอบหลังเรียน ได้คะแนนเฉลี่ยมากกว่า คะแนนจากการทำแบบทดสอบก่อนเรียน

4.4 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1เฟส และ 3 เฟส



รูปที่ 4.15 ผลการวิเคราะห์ความพึงพอใจของผู้เรียน

จากรูปที่ 4.12 พบว่าผู้เรียนทั้งหมด 46 คนมีความพึงพอใจต่อการใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้าเฟส 1 และ 3 เฟส โดยภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.52 และส่วนเบนมาตรฐาน 0.61 ซึ่งมีความคิดเห็นค่อนข้างไปในทิศทางเดียวกัน และพบว่าด้านที่มีคุณภาพสูงกว่าด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านสื่อการสอน(ชิ้นงาน) ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.58 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.63 รองลงมาได้แก่ ด้านความพึงพอใจในภาพรวม ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.52 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.61 รองลงมาได้แก่ ด้านการใช้ภาษา ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับมากที่สุด ด้วยค่าเฉลี่ย 4.51 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58 ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านเนื้อหา แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ด้านดังกล่าวจะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่นๆ แต่ก็ยังมีคุณภาพอยู่ในระดับมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65 (ดูรายละเอียดในภาคผนวก ค หน้า 219)

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองมีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. พัฒนาชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส
2. หาประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสสำหรับใช้ในสื่อการเรียนการสอน
3. หาผลสัมฤทธิ์ของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส
4. หาความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

สมมติฐานของการวิจัย

1. คุณภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีคุณภาพไม่ต่ำกว่าระดับมาก
2. ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่ร้อยละ 75/75
3. หลังจากผู้เรียนศึกษาเรียนรู้ด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส แล้วผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ไม่ต่ำกว่าระดับมาก

ประชากร / กลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2/2563 จำนวนทั้งหมด 52 คน ซึ่งแบ่งตามกลุ่มเรียน คือ

- กลุ่มเรียนที่ 1 มีนักศึกษาลงทะเบียนทั้งหมด 24 คน
- กลุ่มเรียนที่ 2 มีนักศึกษาลงทะเบียนทั้งหมด 28 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ภาคเรียนที่ 2/2563 (โดยใช้วิธีกำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Taro Yamane ที่ความเชื่อมั่น 95%) โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบโควต้า โดยกลุ่มเรียนที่ 1 จำนวนทั้งหมด 23 คนและกลุ่มเรียนที่ 2 มีนักศึกษาลงทะเบียนทั้งหมด 23 คน

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 ผลจากการประเมินคุณภาพสำหรับชุดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่าชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ที่สร้างขึ้นมีคุณภาพอยู่ในระดับดีด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.45 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ 0.65

5.1.2 หลังจากที่ผู้เรียนได้ทำแบบฝึกหัดระหว่างเรียนทั้งหมด 5 ใบงาน และแบบทดสอบหลังเรียนเรียบร้อยแล้ว นำมาวิเคราะห์หาค่าประสิทธิภาพ พบว่าค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้คือ 78 และค่าประสิทธิภาพหลังใช้คือ 86

5.1.3 หลังจากที่ผู้เรียนเรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ทำให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปการตามสมมุติฐานที่กำหนดไว้

5.1.4 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนที่มีต่อกระบวนการเรียนการสอนของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีความพึงพอใจระดับมากที่สุดด้วยค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.52 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD.) เท่ากับ 0.61

5.2 อภิปรายผล

5.2.1 อภิปรายผล ด้านคุณภาพของชุดระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ผู้เชี่ยวชาญทั้ง 3 คน เห็นว่าของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส มีคุณภาพโดยภาพรวมอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.45 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.65 และพบว่าด้านที่มีคุณภาพสูงกว่าด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านชุดปฏิบัติการทดลอง ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.70 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.51 รองลงมา ได้แก่ ด้านความถูกต้องและความเหมาะสมของเนื้อหา ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก ด้วยค่าเฉลี่ย 4.53 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.81 รองลงมา ได้แก่ ด้านสื่อการสอน (Power point) ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.40 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.55 รองลงมา ได้แก่ ด้านใบงานการทดลอง ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.38 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.77 รองลงมา ได้แก่ ด้านใบความรู้ ซึ่งมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.68 ส่วนด้านที่มีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่นๆ ได้แก่ ด้านแบบทดสอบก่อนเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน แต่อย่างไรก็ตามถึงแม้ด้านดังกล่าวจะมีค่าเฉลี่ยน้อยกว่าด้านอื่นๆ แต่ก็ยังมีคุณภาพอยู่ในระดับดี ด้วยค่าเฉลี่ย 4.33 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.58

5.2.2 อภิปรายผล ด้านประสิทธิภาพของสื่อผู้เรียน ที่เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส แล้วได้ทำใบงานการทดลองระหว่างเรียนและแบบทดสอบหลังเรียน นำผลการทดสอบที่ได้มาวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย คือมีค่าประสิทธิภาพระหว่างใช้เท่ากับ 78 และหลังใช้เท่ากับ 86

5.2.3 อภิปรายผล ด้านคุณภาพผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียน หลังจากที่ผู้เรียน เรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสแล้ว ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานการวิจัย โดยค่าเฉลี่ยคะแนนการทำแบบทดสอบก่อนเรียนเท่ากับ 4.70 คะแนน และคะแนนเฉลี่ยการทำแบบทดสอบหลังเรียนเท่ากับ 10.30 คะแนน อาจเป็นเพราะ ผู้วิจัยได้แบ่งเนื้อหา ตามลำดับง่ายไปยาก และสอดคล้องกับเนื้อหามีภาพประกอบ มีการนำเข้าบทเรียนที่น่าสนใจ มีการแจ้งวัตถุประสงค์การเรียน ง่ายต่อการเข้าใจ นักเรียนสามารถเรียนได้ตามความสามารถของตนเอง จึงพบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้น

5.2.4 อภิปรายผล ด้านความพึงพอใจของผู้เรียน ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อกระบวนการเรียนการสอนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส อยู่ในระดับดี โดยภาพรวมผู้เรียนที่เรียนด้วย

ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส มีความพึงพอใจอยู่ในระดับดีโดยมีค่าเฉลี่ย คือ (ค่าเฉลี่ย = 4.52, ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน = 0.61) ซึ่งผู้เรียนมีความพึงพอใจไปในทิศทางเดียวกัน

ทั้งนี้ เนื่องจากการเรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส เป็นการเรียนในภาคปฏิบัติทำให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการทำงานของระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสมากยิ่งขึ้น และผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในการเรียนและการทำงานต่อไปในอนาคต

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะจากการวิจัยครั้งนี้

หากจะนำชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ไปใช้จริงกับผู้เรียนอีกครั้งให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีกว่าเดิม จะต้องมีการเตรียมการและดำเนินการดังนี้

1) ผู้ที่วิจัยเกี่ยวกับชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟสควรเป็นผู้ที่มีความรู้พื้นฐานเรื่อง ระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ซึ่งจำเป็นมากในการทำวิจัย เพราะในการทำวิจัยขณะทำการทดลองผู้วิจัยจะต้องมีหน้าที่คอยสังเกตแนะนำผู้เรียนเป็นบางครั้งหากเกิดปัญหาติดขัด

2) การเรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส เป็นการเรียนรู้ในทางด้านทฤษฎีและทางด้านปฏิบัติผู้เรียนควรมีความพร้อมไม่ว่าเป็นทักษะพื้นฐานเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส และที่สำคัญต้องเป็นผู้ที่มีความรับผิดชอบ มีวินัย รักการเรียน มีความซื่อสัตย์ จึงบรรลุจุดมุ่งหมายของการเรียนได้

3) ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่ใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ควรมีการตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนทางด้านระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส เพื่อทราบข้อมูลและให้การช่วยเหลือนักเรียนที่มีปัญหาขณะกำลังใช้ชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส

4) ในการวิจัยด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส ผู้วิจัยหรือครูผู้สอนควรทำความเข้าใจ ในชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส และแนวทางของการจัดกิจกรรมให้ถ่องแท้เพื่อให้การวิจัยมีประสิทธิภาพ

5.3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยครั้งต่อไป

1) ควรมีวิดีโอการทดลอง ที่มีความแปลกใหม่และทันสมัย เพื่อให้มีความน่าสนใจ

2) ควรมีการศึกษาตัวแปรอื่นๆ ที่เป็นผลมาจากการเรียนด้วยชุดทดลองระบบไฟฟ้า 1 เฟสและ 3 เฟส เช่น วิจัยความคงทนของความรู้ เจตคติต่อการเรียนรู้

บรรณานุกรม

บรรณานุกรมด้านเนื้อหา

1] จรินทร์ จุลวานิช. (2541). การสร้างและการหาประสิทธิภาพของชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง. วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาวิชาไฟฟ้า ภาควิชาครุศาสตร์ไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2] ทักษพร เชื้อสา. (2559). ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความสามารถในการให้เหตุผลวิชาหลักการตลาดของนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูงที่ใช้การสอนแบบ MIAP และการสอนตามกระบวนการคิดฮิวริสติกส์(Heuristics). วิทยานิพนธ์ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอนโครงการบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

3] ธวัชชัยอัตถวิบูลย์กุล.เครื่องกาเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ.กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ, 2546.

4] เครื่องกำเนิดไฟฟ้า.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://www.chuphoticups.blogspot.com/2014/03/generator.html. (วันที่ค้นข้อมูล 1 พฤศจิกายน 2563).

5] ร้านบีบีแบตเตอรี่ (บี.บี.มอเตอร์แอร์). เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีหลักการทำงานอย่างไร. [ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก:http://www.batterybbdelivery.com/blog_battery/เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีหลักการทำงานอย่างไร. (วันที่ค้นข้อมูล 1 พฤศจิกายน 2563).

6] ชัญชนา ตั้งวงศ์ศานต์ และคณะ (2556). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า ภาควงจรกระแสตรง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7] J.B. Williams, “Design of feedback loop in unity power factor AC to DC converter,” in Power Electronics Specialists Confernce, 1989. PESC 89 Record., 20th Annual IEEE, 26-29 Jun 1989, pp. 959-969 vol.2

8] Muhammd H. Rashid, Spice for Power Electronics and Electric Power, New Jersey: Prentice Hall Interational Inc., 1993

9] ความรู้พื้นฐานในการคำนวณเกี่ยวกับระบบไฟฟ้ากำลัง.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: http://eng.rtu.ac.th/files/EPSA/CH1.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 4 พฤศจิกายน 2563).

10] Power Factor คืออะไร? ค่า PF ที่ดีมีประโยชน์อย่างไร?.[ออนไลน์]. เข้าถึงได้จาก: https://mall.factomart.com/guide-to-power-factor-correction/what-is-power-factor/. (วันที่ค้นข้อมูล 6 พฤศจิกายน 2563).

11] สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์. เข้าถึงได้จาก: https://ienergyguru.com/2015/11/power-factor/. (วันที่ค้นข้อมูล 7 พฤศจิกายน 2563).

12] สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า (Power Triangle). เข้าถึงได้จาก: https://elearnkrutung.blogspot.com/2016/03/power-triangle.html. (วันที่ค้นข้อมูล 9 พฤศจิกายน 2563).

บรรณานุกรม (ต่อ)

13] คู่มือการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า. เข้าถึงได้จาก: https://mall.factomart.com/wp-content/uploads/2018/07/Star-Delta-manual.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 20 พฤศจิกายน 2563).
14] การสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์-เดลต้า. เข้าถึงได้จาก: http://www.tinamics.com/download/tinamics_com/star-delta.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 30 พฤศจิกายน 2563).
15] ไฟฟ้ากระแสสลับ. เข้าถึงได้จาก: https://sites.google.com/site/learningsanook/fifakrasae-slab. (วันที่ค้นข้อมูล 3 ธันวาคม 2563).
16] ไฟฟ้ากระแสสลับ. เข้าถึงได้จาก: http://1.179.173.242/movies/acrobat/b_4_sc_ph_1390.pdf. (วันที่ค้นข้อมูล 15 ธันวาคม 2563).

ภาคผนวก ก

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญประเมินคุณภาพของข้อสอบ
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ข้อสอบแยกตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
แบบประเมินความสอดคล้องระหว่างข้อสอบและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ
แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การหาคุณภาพ

- แบบทดสอบก่อนเรียน
- แบบทดสอบระหว่างเรียน
- แบบทดสอบหลังเรียน

ภาคผนวก ก

การหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญที่ประเมินแบบประเมินการหาค่าความเที่ยงตรงเพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ (IOC)

1. อาจารย์นุชจิเรศ แก้วสกุล

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาไฟฟ้า คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

2. อาจารย์ฐาปนิค ตีระพันธ์

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาเทคโนโลยีปิโตรเลียม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ฤทัย ประทุมทอง

ตำแหน่ง อาจารย์ สาขาแมคคาทรอนิกส์ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ตารางสรุปวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและจำนวนข้อสอบ
สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส วิชาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

ลำดับ	หัวข้อย่อย	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบข้อที่
1	ประเภทของโหลดทางไฟฟ้า	1.จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้	
2	หลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิด	2. อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้	
3	ความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้า	3. บอกความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้	
4	ส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลัง	4. บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลัง ไฟฟ้าได้	
5	คุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส	5. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้	
6	คุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟส	6. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้	

ข้อสอบแยกตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสำหรับแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับสื่อการสอน
เรื่อง ระบบไฟฟ้า 1 เฟส และ 3 เฟส วิชาการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 1.จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้</u>

1. บัลลาสต์ 220 V 50 W ในทางไฟฟ้ามองเป็นภาระโหลดชนิดใด

ก. Resistive Load

ข. Capacitive Load

ค. Inductive Load

ง. Inductive Load และ Capacitive Load

2. โหลดทางไฟฟ้ามีกี่ประเภทอะไรบ้าง

ก. 1 ประเภท Resistive

ข. 2 ประเภท Inductive , Capacitive

ค. 3 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive

ง. 4 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive , Power Factor

3. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เก็บและปล่อยประจุไฟฟ้า

ก. โหลด Resistive

ข. โหลด Capacitive

ค. โหลด Inductive

ง. โหลดรวม

4. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่ต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า

ก. โหลด capacitive

ข. โหลด Resistive

ค. โหลดรวม

ง. โหลด Inductive

5. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เหนี่ยวนำไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

ก. โหลด capacitive

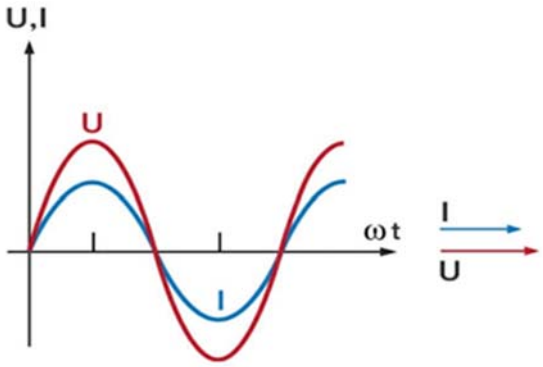
ข. โหลด Resistive

ค. โหลด Inductive

ง. โหลดรวม

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 2. อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้</u>

6. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด



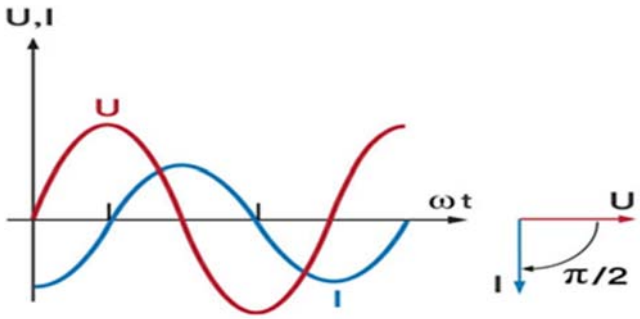
ก. โหลด R

ข. โหลด L

ค. โหลด C

ง. โหลดรวม

7. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด



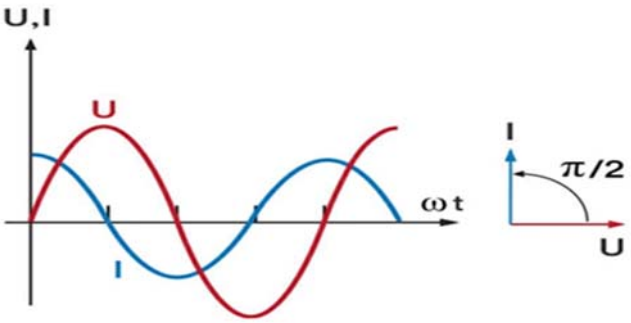
ก. โหลด R

ข. โหลด L

ค. โหลด C

ง. โหลดรวม

8. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด



ก. โหลด R
ข. โหลด L
ค. โหลด C
ง. โหลดรวม

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 3. บอกความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้</u>

9. ตัวประกอบกำลังจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงจรไฟฟ้าต่อโหลดชนิดใด
ก. ตัวต้านทานอย่างเดียว
ข. ตัวเก็บประจุอย่างเดียว
ค. ตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว
ง. ตัวต้านทาน และ ตัวเก็บประจุ

10. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าตัวประกอบกำลังไม่อาจเท่ากับ 1 เกิดจากกรณีใด
ก. วงจรที่มีตัวต้านทานหลายตัวต่อร่วมกัน
ข. วงจรที่มีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน
ค. วงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน
ง. วงจรที่มีตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 4. บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลัง ไฟฟ้าได้</u>

11. ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีกี่ส่วนประกอบด้วยอะไรบ้าง
ก. 1 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง
ข. 2 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ
ค. 3 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ
ง. 4 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ , ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

12. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง (Real Power) มีความหมายตรงกับข้อใด
ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน
ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์
ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W
ง. คืออัตราส่วนของก าลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

13. กำลังรีแอคทีฟ (Reactive Power) ใช้สัญลักษณ์ใด และมีหน่วยเป็นอะไร
ก. ใช้สัญลักษณ์ “ P ” มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)
ข. ใช้สัญลักษณ์ “ Q ” มีหน่วยเป็นวาร์ (VA)
ค. ใช้สัญลักษณ์ “ S ” มีหน่วยเป็น วีเอ หรือ โวลท์-แอมป์ (V)
ง. ใช้สัญลักษณ์ “ D ” มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)

14. กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power) มีความหมายตรงกับข้อใด
ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน
ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์
ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W
ง. คืออัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

15. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ หรือกิโลวัตต์เรียกว่ากำลังอะไร
ก. กำลังไฟฟ้ารวม
ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
ค. กำลังไฟฟ้าจริง
ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ

16. กำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยวัดเป็นวาร์หรือกิโลวาร์เรียกว่ากำลังไฟฟ้าชนิดใด
ก. กำลังไฟฟ้าจริง
ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ
ค. กำลังไฟฟ้ารวม
ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 5. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้</u>

17. ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด เมื่อเกิดเหตุการณ์ในข้อใด
ก. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก
ข. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก
ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านกึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก
ง. ตัวนำวางขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

18. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส ในประเทศไทยจะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่
ก. 160 V
ข. 200 V
ค. 220 V
ง. 380 V

19. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีสายไฟฟ้าจำนวนกี่เส้น
ก. 1 เส้น + Ground
ข. 2 เส้น + Ground
ค. 3 เส้น + Ground
ง. 4 เส้น + Ground

20. สายไลน์และสายนิวทรอลเขียนแทนด้วยตัวอักษรย่ออะไร

ก. N,I

ข. N,J

ค. L,N

ง. L,A

<u>วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ 6. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้</u>

21. ข้อใดคือหลักการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

ก. ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบี่ยงเบน

ข. การทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก

ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก

ง. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

22. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้าภูมิภาค จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่

ก. 220 V

ข. 300 V

ค. 380 V

ง. 400 V

23. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้านครหลวง จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่

ก. 220 V

ข. 300 V

ค. 380 V

ง. 400 V

24. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส แรงดันต่ำที่ใช้ในประเทศไทย ขนาดพิกัดแรงดันระหว่างสายเฟสต่อเฟส (Line-Line) เท่ากับเท่าใด

ก. 110 V

ข. 220 V

ค. 360 V

ง. 380 V

25. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส มีสายไฟฟ้าจำนวนกี่เส้น

ก. ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 1 เส้น

ข. ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 2 เส้น

ค. ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 3 เส้น

ง. ในระบบส่งจ่ายไฟฟ้า 4 เส้น

แบบประเมินค่าความสอดคล้อง IOC

ระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบโดยผู้เชี่ยวชาญ

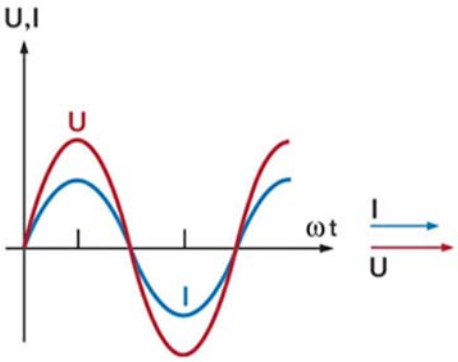
<u>คำชี้แจง</u> **โปรดทำเครื่องหมายถูก √ ลงในช่องผลการพิจารณาโดยที่**

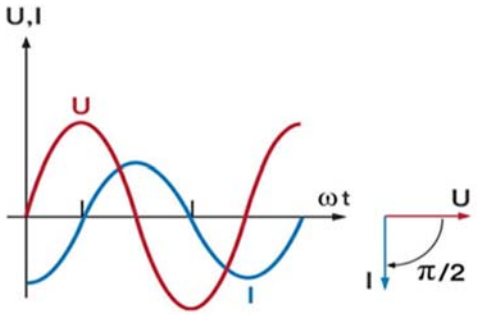
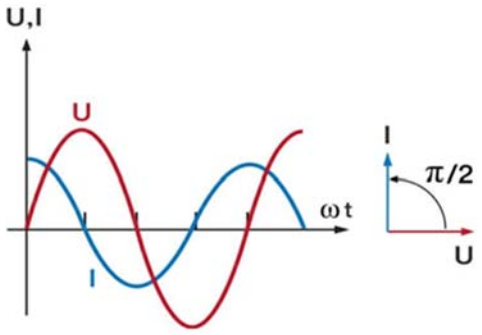
+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อสอบไม่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
1.จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้	1. บัลลาสต์ 220 V 50 W ในทางไฟฟ้ามองเป็นภาระโหลดชนิดใด ก. Resistive Load ข. Capacitive Load ค. Inductive Load ง. Inductive Load และ Capacitive Load			
	2. โหลดทางไฟฟ้ามีกี่ประเภทอะไรบ้าง ก. 1 ประเภท Resistive ข. 2 ประเภท Inductive , Capacitive ค. 3 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive ง. 4 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive , Power Factor			
	3. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เก็บและปล่อยประจุไฟฟ้า ก. โหลด Resistive ข. โหลด Capacitive ค. โหลด Inductive ง. โหลดรวม			
	4. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่ต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ก. โหลด capacitive ข. โหลด Resistive ค. โหลดรวม ง. โหลด Inductive			

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
	5. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เหนี่ยวนำไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ก. โหลด capacitive ข. โหลด Resistive ค. โหลด Inductive ง. โหลดรวม			
2. อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้	6. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด  ก ข. โหลด L ค. โหลด C ง. โหลดรวม			

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
	7. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด  ก. โหลด R ข. โหลด L ค. โหลด C ง. โหลดรวม			
	8. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด  ก. โหลด R ข. โหลด L ค. โหลด C ง. โหลดรวม			

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
3. บอกความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้	9. ตัวประกอบกำลังจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงจรไฟฟ้าต่อโหลดชนิดใด ก. ตัวต้านทานอย่างเดียว ข. ตัวเก็บประจุอย่างเดียว ค. ตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว ง. ตัวต้านทาน และ ตัวเก็บประจุ			
	10. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าตัวประกอบกำลังไม่อาจเท่ากับ 1 เกิดจากกรณีใด ก. วงจรที่มีตัวต้านทานหลายตัวต่อร่วมกัน ข. วงจรที่มีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน ค. วงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน ง. วงจรที่มีตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน			
4. บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลัง ไฟฟ้าได้	11. ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีกี่ส่วนประกอบด้วย อะไรบ้าง ก. 1 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง ข. 2 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ ค. 3 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ ง. 4 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ , ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า			

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
	12. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง (Real Power) มีความหมายตรงกับข้อใด ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์ ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W ง. คืออัตราส่วนของก าลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง			
	13. กำลังรีแอคทีฟ (Reactive Power) ใช้สัญลักษณ์ใด และมีหน่วยเป็นอะไร ก. ใช้สัญลักษณ์ “ P ” มีหน่วยเป็น วัตต์ (W) ข. ใช้สัญลักษณ์ “ Q ” มีหน่วยเป็นวาร์ (VA) ค. ใช้สัญลักษณ์ “ S ” มีหน่วยเป็น วีเอ หรือ โวลท์-แอมป์ (V) ง. ใช้สัญลักษณ์ “ D ” มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)			
	14. กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power) มีความหมายตรงกับข้อใด ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์ ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W ง. คืออัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง			

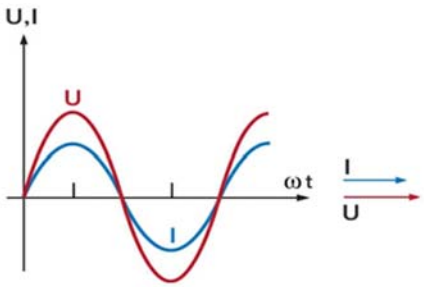
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
	15. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ หรือกิโลวัตต์เรียกว่ากำลังอะไร ก. กำลังไฟฟ้ารวม ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ค. กำลังไฟฟ้าจริง ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ			
	16. กำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยวัดเป็นวาร์หรือกิโลวาร์เรียกว่ากำลังไฟฟ้าชนิดใด ก. กำลังไฟฟ้าจริง ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ค. กำลังไฟฟ้ารวม ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ			
5. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้	17. ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด เมื่อเกิดเหตุการณ์ในข้อใด ก. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก ข. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านกึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก ง. ตัวนำวางขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก			
	18. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส ในประเทศไทยจะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่ ก. 160 V ข. 200 V ค. 220 V ง. 380 V			

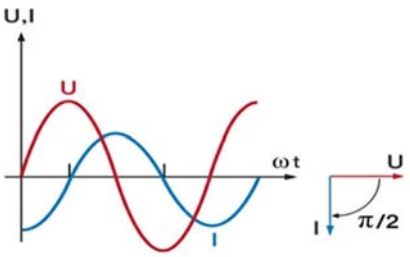
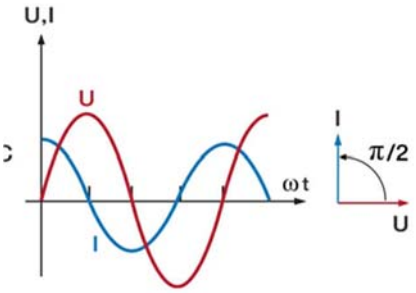
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
	19. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีสายไฟฟ้าจำนวนกี่เส้น ก. 1 เส้น + Ground ข. 2 เส้น + Ground ค. 3 เส้น + Ground ง. 4 เส้น + Ground			
	20. สายไลน์และสายนิวทรอลเขียนแทนด้วยตัวอักษรย่ออะไร ก. N,I ข. N,J ค. L,N ง. L,A			
6. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้	21. ข้อใดคือหลักการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ก. ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบี่ยงเบน ข. การทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก ง. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก			

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณา		
		+1	0	-1
	22. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้าภูมิภาคจะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่ ก. 220 V ข. 300 V ค. 380 V ง. 400 V			
	23. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้านครหลวง จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่ ก. 220 V ข. 380 V ค. 300 V ง. 400 V			
	24. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส แรงดันต่ำที่ใช้ในประเทศไทย ขนาดพิกัดแรงดันระหว่างสายเฟสต่อเฟส (Line-Line) เท่ากับเท่าใด ก. 110 V ข. 220 V ค. 360 V ง. 380 V			

ผลการวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบ
ค่าความสอดคล้องระหว่างวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมกับข้อสอบ (IOC) โดยผู้เชี่ยวชาญ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1.จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้	1. บัลลาสต์ 220 V 50 W ในทางไฟฟ้ามองเป็นภาระโหลดชนิดใด ก. Resistive Load ข. Capacitive Load ค. Inductive Load ✓ ง. Inductive Load และ Capacitive Load	✓ ✓ ✓			1	✓	
	2. โหลดทางไฟฟ้ามีกี่ประเภทอะไรบ้าง ก. 1 ประเภท Resistive ข. 2 ประเภท Inductive , Capacitive ค. 3 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive ✓ ง. 4 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive , Power Factor	✓ ✓ ✓			1	✓	
	3. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เก็บและปล่อยประจุไฟฟ้า ก. โหลด Resistive ข. โหลด Capacitive ✓ ค. โหลด Inductive ง. โหลดรวม	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
1.จำแนกประเภทของโหลดทางไฟฟ้าได้	4. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่ต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า ก. โหลด capacitive ข. โหลด Resistive ✓ ค. โหลดรวม ง. โหลด Inductive	✓ ✓ ✓			1	✓	
	5. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เหนี่ยวนำไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ก. โหลด capacitive ข. โหลด Resistive ค. โหลด Inductive ✓ ง. โหลดรวม	✓ ✓ ✓			1	✓	
2. อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้	6. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด  ก. โหลด R ✓ ข. โหลด L ค. โหลด C ง. โหลดรวม	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
2. อธิบายหลักการทำงานของโหลดแต่ละชนิดได้	7. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด  ก. โหลด R ข. โหลด L ✓ ค. โหลด C ง. โหลดรวม	✓ ✓ ✓			1	✓	
	8. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด  ก. โหลด R ข. โหลด L ค. โหลด C ✓ ง. โหลดรวม	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
3. บอกความหมายของตัวประกอบกำลังไฟฟ้าได้	9. ตัวประกอบกำลังจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงจรไฟฟ้าต่อโหลดชนิดใด ก. ตัวต้านทานอย่างเดียว ✓ ข. ตัวเก็บประจุอย่างเดียว ค. ตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว ง. ตัวต้านทาน และ ตัวเก็บประจุ	✓ ✓ ✓			1	✓	
	10. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าตัวประกอบกำลังไม่อาจเท่ากับ 1 เกิดจากกรณีใด ก. วงจรที่มีตัวต้านทานหลายตัวต่อร่วมกัน ข. วงจรที่มีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน ✓ ค. วงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน ง. วงจรที่มีตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน	✓ ✓ ✓			1	✓	
4. บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าได้	11. ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีกี่ส่วนประกอบด้วยอะไรบ้าง ก. 1 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง ข. 2 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ ค. 3 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ ✓	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
4. บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าได้	ง. 4 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ , ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า						
	12. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง (Real Power) มีความหมายตรงกับข้อใด ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน ✓ ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์ ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W ง. คืออัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	✓ ✓ ✓			1	✓	
	13. กำลังรีแอคทีฟ (Reactive Power) ใช้สัญลักษณ์ใด และมีหน่วยเป็นอะไร ก. ใช้สัญลักษณ์ “ P ” มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) ข. ใช้สัญลักษณ์ “ Q ” มีหน่วยเป็นวาร์ (VA) ✓ ค. ใช้สัญลักษณ์ “ S ” มีหน่วยเป็น วีเอ หรือ โวลท์-แอมป์ (V) ง. ใช้สัญลักษณ์ “ D ” มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
4. บอกส่วนประกอบของสามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้าได้	14. กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power) มีความหมายตรงกับข้อใด ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์ ค. ผลรวมเวกเตอร์ของ VAR และ W✓ ง. คืออัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง	✓ ✓ ✓			1	✓	
	15. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงมีหน่วยวัดเป็นวัตต์หรือกิโลวัตต์เรียกว่าอะไร ก. กำลังไฟฟ้ารวม ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ค. กำลังไฟฟ้าจริง ✓ ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ	✓ ✓ ✓			1	✓	
	16. กำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยวัดเป็นวาร์หรือกิโลวาร์เรียกว่ากำลังไฟฟ้าชนิดใด ก. กำลังไฟฟ้าจริง ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ✓ ค. กำลังไฟฟ้ารวม ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
5. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้	17. ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด เมื่อเกิดเหตุการณ์ในข้อใด ก. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก ข. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านกึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก ✓ ง. ตัวนำวางขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก	✓ ✓ ✓			1	✓	
	18. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส ในประเทศไทยจะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่ ก. 160 V ข. 200 V ค. 220 V ✓ ง. 380 V	✓ ✓ ✓			1	✓	
	19. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีสายไฟฟ้าจำนวนกี่เส้น ก. 1 เส้น + Ground ข. 2 เส้น + Ground ✓ ค. 3 เส้น + Ground ง. 4 เส้น + Ground	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
5. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟสได้	20. สายไลน์และสายนิวทรอลเขียนแทนด้วยตัวอักษรย่ออะไร ก. N,I ข. N,J ค. L,N ✓ ง. L,A	✓ ✓ ✓			1	✓	
6. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้	21. ข้อใดคือหลักการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ก. ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบี่ยงเบน ข. การทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ✓ ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก ง. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก	✓ ✓ ✓			1	✓	
	22. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้าภูมิภาค จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่ ก. 220 V ข. 300 V ค. 380 V ✓ ง. 400 V	✓ ✓ ✓			1	✓	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	ข้อสอบ	ผลการพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ			IOC	ผลการประเมิน	
		+1	0	-1		ใช้ได้	ใช้ไม่ได้
6. บอกคุณสมบัติของระบบไฟฟ้า 3 เฟสได้	23. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้านครหลวง จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่ ก. 220 V ข. 380 V ค. 300 V ง. 400 V ✓	✓ ✓	✓		0.67	✓	
	24. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส แรงดันต่ำที่ใช้ในประเทศไทย ขนาดพิกัดแรงดันระหว่างสายเฟสต่อเฟส (Line-Line) เท่ากับเท่าใด ก. 110 V ข. 220 V ค. 360 V ง. 380 V ✓	✓ ✓ ✓			1	✓	

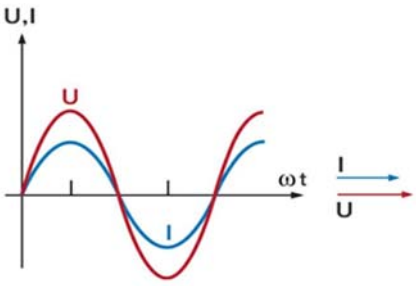
แบบทดสอบที่ผ่านเกณฑ์การหาคุณภาพ

แบบทดสอบก่อนเรียน

1. บัลลาสต์ 220 V 50 W ในทางไฟฟ้ามองเป็นภาระโหลดชนิดใด
   ก. Resistive Load
   ข. Capacitive Load
   ค. Inductive Load ✓
   ง. Inductive Load และ Capacitive Load

2. โหลดทางไฟฟ้ามีกี่ประเภทอะไรบ้าง
   ก. 1 ประเภท Resistive
   ข. 2 ประเภท Inductive , Capacitive
   ค. 3 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive ✓
   ง. 4 ประเภท Resistive , Capacitive , Inductive , Power Factor

3. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด



   ก. โหลด R ✓
   ข. โหลด L
   ค. โหลด C
   ง. โหลดรวม

4. ตัวประกอบกำลังจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อวงจรไฟฟ้าต่อโหลดชนิดใด
   ก. ตัวต้านทานอย่างเดียว ✓
   ข. ตัวเก็บประจุอย่างเดียว
   ค. ตัวเหนี่ยวนำอย่างเดียว
   ง. ตัวต้านทาน และ ตัวเก็บประจุ

5. ในระบบไฟฟ้ากระแสสลับ (AC) ค่ากำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้แก่อุปกรณ์ไฟฟ้ามีกี่ส่วนประกอบด้วยอะไรบ้าง

ก. 1 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง

ข. 2 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ

ค. 3 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ ✓

ง. 4 ส่วน กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง , กำลังรีแอคทีฟ , กำลังงานที่ปรากฏ , ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

6. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานได้จริง (Real Power) มีความหมายตรงกับข้อใด

ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน ✓

ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์

ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W

ง. คืออัตราส่วนของก าลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

7. กำลังรีแอคทีฟ (Reactive Power) ใช้สัญลักษณ์ใด และมีหน่วยเป็นอะไร

ก. ใช้สัญลักษณ์ “ P ” มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

ข. ใช้สัญลักษณ์ “ Q ” มีหน่วยเป็นวาร์ (VA) ✓

ค. ใช้สัญลักษณ์ “ S ” มีหน่วยเป็น วีเอ หรือ โวลท์-แอมป์ (V)

ง. ใช้สัญลักษณ์ “ D ” มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)

8. กำลังงานที่ปรากฏ (Apparent Power) มีความหมายตรงกับข้อใด

ก. กำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับโหลดแล้วได้เป็นพลังงานรูปอื่น เช่น ความร้อน

ข. กำลังไฟฟ้าที่ใช้ในการสร้างสนามแม่เหล็กของมอเตอร์ หรือ หม้อแปลงไฟฟ้าและรีเลย์

ค. ผลรวมทางเวกเตอร์ของ VAR และ W ✓

ง. คืออัตราส่วนของกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจริง

9. ระบบไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส จะเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำสูงสุด เมื่อเกิดเหตุการณ์ในข้อใด

ก. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

ข. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก

ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านกึ่งกลางขั้วแม่เหล็ก ✓

ง. ตัวนำวางขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

10. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส ในประเทศไทยจะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่

ก. 160 V

ข. 200 V

ค. 220 V ✓

ง. 380 V

11. ข้อใดคือหลักการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
    ก. ขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ในทิศทางตรงกันข้าม จะทำให้เข็มของกัลวานอมิเตอร์เบี่ยงเบน
    ข. การทำให้ขดลวดตัวนำหมุนเคลื่อนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก ✓
    ค. ตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านปลายทั้งสองของขั้วแม่เหล็ก
    ง. ตัวนำวางตั้งฉากและขนานกับทิศทางเส้นแรงแม่เหล็ก

12. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้าภูมิภาค จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่
    ก. 220 V
    ข. 300 V
    ค. 380 V ✓
    ง. 400 V

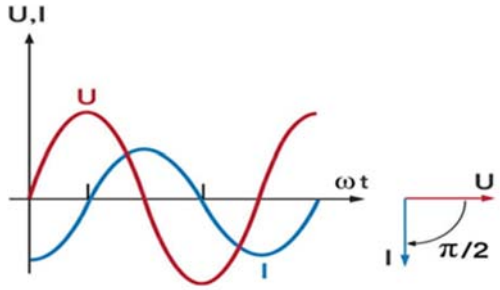
แบบทดสอบหลังเรียน

1. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เก็บและปล่อยประจุไฟฟ้า
    ก. โหลด Resistive
    ข. โหลด Capacitive ✓
    ค. โหลด Inductive
    ง. โหลดรวม

2. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่ต้านการไหลผ่านของกระแสไฟฟ้า
    ก. โหลด capacitive
    ข. โหลด Resistive ✓
    ค. โหลดรวม
    ง. โหลด Inductive

3. โหลดทางไฟฟ้าประเภทใดทำหน้าที่เหนี่ยวนำไฟฟ้า เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน
    ก. โหลด capacitive
    ข. โหลด Resistive
    ค. โหลด Inductive ✓
    ง. โหลดรวม

4. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด



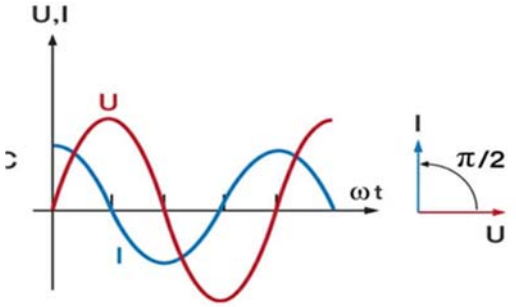
ก. โหลด R

ข. โหลด L ✓

ค. โหลด C

ง. โหลดรวม

5. จากรูปลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นของโหลดชนิดใด



ก. โหลด R

ข. โหลด L

ค. โหลด C ✓

ง. โหลดรวม

6. ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ค่าตัวประกอบกำลังไม่อาจเท่ากับ 1 เกิดจากกรณีใด

ก. วงจรที่มีตัวต้านทานหลายตัวต่อร่วมกัน

ข. วงจรที่มีตัวต้านทานและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน ✓

ค. วงจรที่มีตัวเหนี่ยวนำและตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน

ง. วงจรที่มีตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุต่อร่วมกัน

7. กำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริงมีหน่วยวัดเป็นวัตต์ หรือกิโลวัตต์เรียกว่ากำลังอะไร

ก. กำลังไฟฟ้ารวม

ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ

ค. กำลังไฟฟ้าจริง ✓

ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ

8. กำลังไฟฟ้าที่ต้องการสำหรับสร้างสนามแม่เหล็ก มีหน่วยวัดเป็นวาร์หรือกิโลวาร์เรียกว่ากำลังไฟฟ้าชนิดใด

ก. กำลังไฟฟ้าจริง

ข. กำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ ✓

ค. กำลังไฟฟ้ารวม

ง. กำลังไฟฟ้าปรากฏ

9. ระบบไฟฟ้า 1 เฟส มีสายไฟฟ้าจำนวนกี่เส้น

ก. 1 เส้น + Ground

ข. 2 เส้น + Ground ✓

ค. 3 เส้น + Ground

ง. 4 เส้น + Ground

10. สายไลน์และสายนิวทรอลเขียนแทนด้วยตัวอักษรย่ออะไร

ก. N,I

ข. N,J

ค. L,N ✓

ง. L,A

11. ระบบไฟฟ้า 3 เฟสของการไฟฟ้านครหลวง จะให้แรงดันไฟฟ้าอยู่ที่เท่าไหร่

ก. 220 V

ข. 380 V

ค. 300 V

ง. 400 V ✓

12. ระบบไฟฟ้า 3 เฟส แรงดันต่ำที่ใช้ในประเทศไทย ขนาดพิกัดแรงดันระหว่างสายเฟสต่อเฟส (Line-Line) เท่ากับเท่าใด

ก. 110 V

ข. 220 V

ค. 360 V

ง. 380 V ✓