

## ขอบเขตของงาน (Terms of Reference: TOR)

### ครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า

ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 ชุด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

## 1. ความเป็นมา

ด้วยทางสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ดำเนินการเปิดสอนหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 จนถึงปัจจุบัน ยังขาดชุดฝึกเครื่องกลไฟฟ้าซึ่งเป็นชุดฝึกปฏิบัติการพื้นฐานที่จำเป็นต่อการศึกษา ในรายวิชา Power System Protection ซึ่งเป็นรายวิชาพื้นฐานและรายวิชาบังคับตามหลักสูตร และเป็นหนึ่งในแปดรายวิชาที่สภาวิศวกรกำหนดให้เป็นรายวิชาพื้นฐานทางด้านวิศวกรรมไฟฟ้าที่นักศึกษาต้องเรียน ตลอดระยะเวลาสิบปีที่ผ่านมาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าได้อาศัยชุดฝึกไฟฟ้ากำลังจากโครงการธนาคารโลกสำหรับฝึกทักษะปฏิบัติการ ไฟฟ้ากำลัง ปัจจุบันเครื่องมือวัดและแหล่งจ่ายของชุดฝึกดังกล่าวเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งานและไม่สามารถซ่อมแซมได้ ส่งผลโดยตรงต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งในระดับ ปวส. และระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

ด้วยเหตุผลดังกล่าวสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจึงได้จัดทำโครงการจัดหาครุภัณฑ์ประจำห้องปฏิบัติการระบบป้องกันไฟฟ้าด้วยรีเลย์แบบเสมือนจริงนี้ เพื่อนำมาใช้จัดการเรียนการสอนของสาขาวิชา เพื่อให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาสูงขึ้นและอยู่ในระดับเกณฑ์มาตรฐาน และสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าจะได้มีห้องปฏิบัติการตามหลักเกณฑ์การรับรองหลักสูตรของสภาวิศวกร

## 2. วัตถุประสงค์

- 2.1 เพื่อจัดหาวัสดุ ครุภัณฑ์ให้เพียงพอสำหรับห้องปฏิบัติการระบบป้องกันไฟฟ้าด้วยรีเลย์แบบเสมือนจริง
- 2.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเรียนการสอนและงานวิจัยทางด้านระบบ ป้องกันไฟฟ้าด้วยรีเลย์
- 2.3 เพื่อให้สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้ามีจำนวนห้องปฏิบัติการมาตรฐานตามเกณฑ์การรับรองหลักสูตรของสภาวิศวกร

### 3. คุณสมบัติของผู้ประสงค์จะเสนอราคา

- 3.1 ผู้เสนอราคาต้องเป็นผู้มีอาชีพขายพัสดุที่ประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ดังกล่าว
- 3.2 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ถูกระบุชื่อในรายชื่อผู้ทำงานของทางราชการ และได้แจ้งเวียนชื่อแล้วหรือไม่เป็นผู้ที่ได้รับผลของการสั่งให้นิติบุคคลหรือบุคคลอื่นเป็นผู้ทำงานตามระเบียบทางราชการ
- 3.3 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้มีผลประโยชน์ร่วมกันกับผู้เสนอราคารายอื่นที่เข้ายื่นข้อเสนอให้แก่มหาวิทยาลัยฯ ณ วันประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ หรือไม่เป็นผู้กระทำการอันเป็นการขัดขวางราคาอย่างเป็นธรรมในการประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ครั้งนี้
- 3.4 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ได้รับเอกสิทธิ์หรือความคุ้มกัน ซึ่งอาจปฏิเสธไม่ยอมขึ้นศาลไทย เว้นแต่รัฐบาลของผู้เสนอราคาได้มีคำสั่งให้สละสิทธิ์และความคุ้มกันเช่นนั้น
- 3.5 ผู้เสนอราคาต้องไม่เป็นผู้ที่ถูกประเมินสิทธิผู้เสนอราคาในขณะที่ห้ามเข้าเสนอราคาและห้ามทำสัญญาตามที่ กวพ.กำหนด
- 3.6 บุคคลหรือนิติบุคคลที่จะเป็นคู่สัญญาต้องไม่อยู่ในฐานะเป็นผู้ไม่แสดงบัญชีรายรับรายจ่ายหรือแสดงบัญชีรายรับรายจ่ายไม่ถูกต้องครบถ้วนในสาระสำคัญ
- 3.7 บุคคลหรือนิติบุคคลที่จะเข้าเป็นคู่สัญญากับหน่วยงานของรัฐ ซึ่งได้ดำเนินการจัดซื้อจัดจ้างด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (e-Government Procurement : e-GP) ต้องลงทะเบียนในระบบอิเล็กทรอนิกส์ของกรมบัญชีกลางที่เว็บไซต์ศูนย์ข้อมูลจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ
- 3.8 คู่สัญญาต้องรับจ่ายเงินผ่านบัญชีเงินฝากกระแสรายวัน เว้นแต่การรับจ่ายเงินแต่ละครั้งซึ่งมีมูลค่าไม่เกินสามหมื่นบาท คู่สัญญาอาจรับจ่ายเป็นเงินสดก็ได้

#### 4. รายละเอียดคุณลักษณะเฉพาะของครุภัณฑ์

ครุภัณฑ์ห้องปฏิบัติการวิศวกรรมไฟฟ้า ตำบลช้างเผือก อำเภอเมืองเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ จำนวน 1 ชุด (ห้องปฏิบัติการระบบป้องกันไฟฟ้าด้วยรีเลย์แบบเสมือนจริง จำนวน 1 ห้อง)

ลำดับ	รายการ	จำนวน	หน่วย นับ	ราคาต่อ หน่วย
1	ชุดทดลองป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า	1	ชุด	1,304,000
2	ชุดการป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้า	1	ชุด	738,000
3	ชุดทดลองการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง	1	ชุด	880,000
4	ชุดทดลองการป้องกันสายส่งกำลังไฟฟ้าโดยใช้รีเลย์ระยะทาง	1	ชุด	774,000
5	ชุดทดลอง Power System	1	ชุด	1,562,000
6	โต๊ะทดลองพร้อมคอลโซล	5	ชุด	175,000
7	เครื่องถ่ายภาพสัญญาณภาพ 3 มิติ	1	ชุด	25,000
8	Projector	1	ชุด	25,000
9	จอร์รับภาพชนิดมอเตอร์ไฟฟ้า ขนาดไม่น้อยกว่า 100 นิ้ว	1	ชุด	6,000
10	เครื่องโทรทัศน์	1	ชุด	99,000
11	เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล All in one	4	ชุด	80,000
12	ดิจิตอลสโตเรจจอสีซิลิโคน 4 ช่องสัญญาณ	1	เครื่อง	80,000
13	เครื่องวัด AC โวลมิเตอร์	3	เครื่อง	21,000
14	เครื่องวัด AC แอมป์มิเตอร์	3	เครื่อง	21,000
15	เครื่องวัด DC แอมป์มิเตอร์	3	เครื่อง	21,000
16	DC power supply หน้าปัดแสดงผล แบบเข็ม	5	เครื่อง	50,000
17	DC power supply หน้าปัดแสดงผล แบบ Digital	5	เครื่อง	50,000
18	คอมพิวเตอร์ประมวลผลพกพา	2	ชุด	54,000
19	ระบบเสียง	1	ชุด	35,000
				6,000,000



## มีรายละเอียดอุปกรณ์ดังนี้

### 4.1 ชุดทดสอบป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จำนวน 1 ชุด

#### 4.1.1 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.1.1.1 เป็นชุดรีเลย์ในรูปแบบแผงสาธิตหรือโมดูลหรือดีกว่า โดยแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความชื้นโดยไม่ทำให้ เกิดการลวกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

4.1.1.2 เป็นชุดที่ผลิตสำหรับการเรียนการสอน แข็งแรงทนทานโดยอุปกรณ์ทุกส่วนของชุดทดสอบ สามารถนำมาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการทดลองได้ดี มีระบบป้องกันการเสียหายอันเนื่องจากการลัดวงจรจุดต่อต่าง ๆ มีจำนวนเพียงพอต่อการใช้งาน และมีความปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลอง

#### 4.1.2 รายละเอียดทางเทคนิค

##### 4.1.2.1 รีเลย์ป้องกันเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความชื้นโดยไม่ทำให้ เกิดการลวกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง ( Generator Protection Relay) มีรายละเอียดไม่น้อยกว่านี้

- Function 87 : differential
- Function 50DT : Interturn ( Split Phase)
- Function 50/51/67 : Directional / Non directional , instantaneous / time delayed phase overcurrent
- Function 64 : Restricted ground fault
- Function 51V : Voltage dependent overcurrent
- Function 21: Under impedance
- Function 27/59 : Under/Over voltage

- Function 81AB : Turbine abnormal frequency
- Rear Communication : MODBUSหรือดีกว่า
- มีปุ่มกดสำหรับตั้งค่าด้านหน้าไม่น้อยกว่า 5 ปุ่ม
- User Communications Port แบบ RS-232 หรือ USB หรือดีกว่า
- โปรแกรมควบคุมการทำงานที่ใช้ร่วมกับ Relay จะใช้ Programmable scheme logic ในการควบคุมฟังก์ชันต่างๆเช่น Isolated inputs, relay outputs และ LED indications
- มีอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายสื่อสาร หรืออื่น ๆ ครบถ้วน สามารถทดสอบใช้งานตามรายละเอียดที่กำหนดได้
- รีเลย์ทุกตัวต้องเป็นของใหม่และเป็นผลิตภัณฑ์ยี่ห้อเดียวกัน ผลิตจากกลุ่มประเทศยุโรป อเมริกา หรือญี่ปุ่น
- มีเอกสารแต่งตั้งตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยเพื่อประโยชน์หลังการขาย

#### 4.1.2.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

จำนวน 2 ชุด

- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0-220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับปรับค่าได้ 3 เฟส 0-220/380V, 3A หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ 380V หรือมากกว่า
- มีหลอดไฟแสดงการทำงานทั้ง 3 เฟส
- มีมิเตอร์แสดงค่าแรงดัน
- มีระบบป้องกันความปลอดภัย พร้อมสวิตช์ฉุกเฉิน

#### 4.1.2.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟ DC 24 V

จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อนและความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง มีสวิตช์ ON OFF และมีหลอดไฟ แสดงผลอย่างชัดเจน

- สามารถจ่ายแรงดัน 24 V, 3 A หรือมากกว่า
- ติดตั้งอยู่ในกล่องเหล็กตะแกรงมีหูหิ้ว

#### 4.1.2.4 ชุดหม้อแปลงกระแส

จำนวน 7 ตัว

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- พิกัดกระแสไฟฟ้าด้าน Secondary (Is) เหมาะสมกับรีเลย์
- Accuracy Class 1.0 หรือดีกว่า
- สามารถใช้งานที่ความถี่ 50 Hz ได้
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.1.2.5 ชุดมอเตอร์ Three-Phase Synchronous Machine

จำนวน 1 ชุด

- ขนาดมอเตอร์ขนาดไม่ต่ำกว่า 175 W
- มีสัญลักษณ์ขดลวดไดอะแกรมและจุดต่อใช้งานอย่างชัดเจน

#### 4.1.2.6 ชุดมอเตอร์แบบ Squirrel cage induction motor

จำนวน 1 ชุด

- ขนาดมอเตอร์ขนาดไม่ต่ำกว่า 175 W
- มีสัญลักษณ์ขดลวดไดอะแกรมและจุดต่อใช้งานอย่างชัดเจน

#### 4.1.2.7 ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 เฟส

จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- ใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส 380V 50 Hz
- สามารถจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ปรับความถี่ได้ 1-100 Hz หรือมากกว่า
- มีหน้าจอแสดงผลและปุ่มกด เพื่อป้อนโปรแกรมและควบคุมการทำงาน



- สามารถควบคุมการเริ่มเดินการกลับทางหมุนและความเร็วรอบของมอเตอร์
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรงมีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm
- ชุดควบคุมความเร็วมอเตอร์ 3 เฟส ผลิตจากกลุ่มประเทศยุโรป อเมริกา หรือ ญี่ปุ่น

#### 4.1.2.8 ชุดความต้านทานสำหรับสร้าง Fault ( Fault Simulator) จำนวน 2 ชุด

ติดตั้งบนแผงสวิตช์หรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อนและความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- สามารถสร้าง Fault สมมาตรและไม่สมมาตร แบบ Three Phase Fault, Line to Ground Fault, Line to Line Fault, Double Line to Ground Fault หรือดีกว่า
- มีไฟแสดงการเกิด Fault แบบต่าง ๆ

#### 4.1.2.9 โหลด Resistive Load

จำนวน 1 ชุด

- ภายในโหลดประกอบด้วยตัวต้านทานค่าคงที่แบบ Wire-wound จำนวน 9 ตัว
- มีการต่อตัวต้านทานขนานกันไว้ จัดเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว
- ตัวต้านทานแต่ละตัวจะต่ออยู่กับ Toggle Switch
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.1.2.10 Power Circuit Breaker

จำนวน 2 ชุด

ติดตั้งบนแผงสวิตช์หรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อนและความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- Main Contact 3 NO 16A (@ 380Vac) และ Aux. Contact 1NO/1NC 3A หรือมากกว่า
- Close/Trip Coils เป็นแบบ 24Vdc หรือ 110Vdc
- มีจุดต่อสายรับคำสั่งการทำงาน Close/Trip จากรีเลย์ป้องกันได้

- สามารถสั่ง Close/Trip ได้ด้วยสวิตช์ PushbuttonแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานClose/Trip (สีแดง/สีเขียว ขนาดไม่น้อยกว่า 16 mm.)
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.
- สำรอง Switch on off สีละ 6 ตัว

#### 4.1.2.11 ชุดโหลดหลอดไฟ( Incandescent)

จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- เป็นแบบ 3 เฟส 1500W หรือดีกว่า
- ใช้หลอด Incandescent 100W 220Vac ฐานรับหลอดเป็นชนิดกระเบื้องแบบขั้วเกลียว
- แต่ละเฟสมี 5หลอดต่อขนานกัน สามารถเปิดปิดแต่ละหลอดได้อิสระด้วยสวิตช์โยกแบบON/OFF
- มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินแต่ละเฟส เช่น โอเวอร์โวลเทจโพรตective หรือดีกว่า
- ติดตั้งในตู้หรือกล่องที่ทนความร้อนสามารถถอดเปลี่ยนหลอดได้ง่ายมีฉากบังแสงทั้งด้านข้างและด้านบนตัวตู้หรือกล่องสามารถระบายความร้อนได้ง่าย
- มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm. สามารถต่อแบบ  $\Delta/Y$  ได้

#### 4.1.2.12 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

จำนวน 1 เครื่อง

- สามารถวัดกระแสได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ
- ย่านวัดแรงดัน DC สูงสุด 1000V หรือมากกว่า
- ย่านวัดแรงดัน AC สูงสุด 750V หรือมากกว่าหรือดีกว่า
- ย่านวัดกระแส DC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดกระแส AC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดค่าความต้านทาน สูงสุด 40 M  $\Omega$  หรือมากกว่า



## 4.2 ชุดการป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้า

จำนวน 1 ชุด

### 4.2.1 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

4.2.1.1 เป็นชุดรีเลย์ในรูปแบบแผงสวิตหรือโมดูลหรือดีกว่า โดยแผงสวิตติดตั้งบนแผงสวิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

4.2.1.2 เป็นชุดที่ผลิตสำหรับการเรียนการสอน แข็งแรงทนทานโดยอุปกรณ์ทุกส่วนของชุดทดลอง สามารถนำมาประกอบร่วมกันเพื่อใช้ในการทดลองได้ดี มีระบบป้องกันการเสียหายอันเนื่องจากการลัดวงจรจุดต่อต่าง ๆ มีจำนวนเพียงพอต่อการใช้งาน และมีความปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลอง

### 4.2.2 รายละเอียดทางเทคนิค

#### 4.2.2.1 รีเลย์ป้องกันมอเตอร์ 3 เฟส (Motor Protection Relay) จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสวิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง มีรายละเอียดไม่น้อยกว่านี้

- Function 46 : Negative Sequence Overcurrent
- Function 49 : Thermal Overload
- Function 50/ 51 :Short circuit
- Function 50N/51N :Earth fault
- Function 48/51LR :Start/Stalled protection/Motor Reacceleration
- Measurement & Records
- Disturbance Records up to 20 x 10.5 sec ( backed-up) หรือมากกว่า
- Fault Records : 5 หรือมากกว่า
- Event Logging : 75 หรือมากกว่า

- มีปุ่มกดสำหรับตั้งค่าด้านหน้าไม่น้อยกว่า 4 ปุ่ม
- มีจอแสดงผลแบบ LED หรือดีกว่า
- MODBUS RTU protocols or RS485 หรือดีกว่า
- User Communications Port แบบ RS-232 หรือดีกว่า
- โปรแกรมที่ใช้ร่วมกับ Relay จะใช้ Programmable scheme logic ในการควบคุม ฟังก์ชันต่างๆเช่น Opto – inputs, relay outputs และ LED

#### 4.2.2.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

จำนวน 1 ชุด

- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0-220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับปรับค่าได้ 3 เฟส 0-220/380V, 3A หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ 380V หรือมากกว่า
- มีหลอดไฟแสดงการทำงานทั้ง 3 เฟส
- มีมิเตอร์แสดงค่าแรงดัน
- มีระบบป้องกันความปลอดภัย พร้อมสวิตช์ฉุกเฉิน

#### 4.2.2.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 24V หรือมากกว่า

จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อนและความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- สามารถจ่ายแรงดัน 24 V, 3 A หรือมากกว่า
- ติดตั้งอยู่ในกล่องเหล็กตะแกรงมีหูหิ้ว

#### 4.2.2.4 ชุดหม้อแปลงกระแส

จำนวน 3 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อนและความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- พิกัดกระแสไฟฟ้าด้าน Secondary (Is) เหมาะสมกับรีเลย์
- Accuracy Class 1.0 หรือดีกว่า
- สามารถใช้งานที่ความถี่ 50 Hz ได้
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.2.2.5 มอเตอร์เหนี่ยวนำชนิดกรงกระรอก

จำนวน 1 ชุด

( SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR )

- มีจุดต่อของขด Stator อยู่ด้านหน้าโมดูล
- สามารถต่อเป็น แบบ Delta และ Star
- มีขนาดกำลังเข้าที่พู่ของ Motor มีขนาดไม่ต่ำกว่า 175 วัตต์

#### 4.2.2.6 โหลดทางกล (Electrodynamometer )

จำนวน 1 ชุด

- สามารถปรับ Torque : -0.3 to 3N-m หรือมากกว่า
- ความเร็ว ไม่น้อยกว่า : 250 to 3000 r/min หรือมากกว่า

#### 4.2.2.7 Power Circuit Breaker

จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสวิตช์หรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความชื้น โดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- Main Contact 3 NO 16A (@380Vac) และ Aux. Contact 1NO/1NC 3A หรือมากกว่า
- Close/Trip Coils เป็นแบบ 24Vdc หรือ 110Vdc
- มีจุดต่อสายรับคำสั่งการทำงาน Close/Trip จากรีเลย์ป้องกันได้
- สามารถสั่ง Close/Trip ได้ด้วยสวิตช์ Pushbuttonแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน Close/Trip (สีแดง/สีเขียว ขนาดไม่น้อยกว่า 16 mm.)
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.



#### 4.2.2.8 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

จำนวน 2 ชุด

- สามารถวัดกระแสได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ
- ย่านวัดแรงดัน DC สูงสุด 1000V หรือมากกว่า
- ย่านวัดแรงดัน AC สูงสุด 750V หรือมากกว่าหรือดีกว่า
- ย่านวัดกระแส DC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดกระแส AC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดค่าความต้านทาน สูงสุด 40 M  $\Omega$  หรือมากกว่า

#### 4.2.2.9 ตู้สำหรับใส่อุปกรณ์ใช้ในการทดลอง

จำนวน 5 ตู้

- ขนาดไม่ต่ำกว่า ยาว 1.8 m X กว้าง 0.40 m X สูง 0.80 m เหล็กหนา ไม่ต่ำกว่า 0.5 mm

#### 4.2.2.10 ตู้สำหรับใส่อุปกรณ์ใช้ในการทดลอง

จำนวน 1 ตู้

- ขนาดไม่ต่ำกว่า ยาว 0.9 m X กว้าง 0.40 m X สูง 1.80 m เหล็กหนา ไม่ต่ำกว่า 0.5 mm

### 4.3 ชุดทดลองการป้องกันหม้อแปลงไฟฟ้ากำลัง

จำนวน 1 ชุด

#### 4.3.1 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 4.3.1.1 เป็นชุดรีเลย์ในรูปแบบแผงสวิตหรือโมดูลหรือดีกว่า โดยแผงสวิตหรือโมดูลต้องพิมพ์สัญลักษณ์หรือการต่อวงจรอย่างชัดเจน
- 4.3.1.2 เป็นชุดที่ผลิตสำหรับการเรียนการสอน แข็งแรงทนทานโดยอุปกรณ์ทุกส่วนของชุดทดลอง สามารถนำมาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการทดลองได้ดี มีระบบป้องกันการเสียหายอันเนื่องจากการลัดวงจรจุดต่อต่าง ๆ มีจำนวนเพียงพอต่อการใช้งาน และมีความปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลอง

#### 4.3.2 รายละเอียดทางเทคนิค

##### 4.3.2.1 รีเลย์ป้องกันแบบผลต่าง ( Differential Relay )

จำนวน 1 ตัว

มีรายละเอียดไม่น้อยกว่านี้

- Function 87T : Transformer differential protection
- Function 64 Restricted Earth Fault protection : 2 หรือมากกว่า
- Function 49 : Thermal overload
- Function 24 :V/Hz over fluxing : 1 หรือมากกว่า
- Function 50/51: Three–four stage overcurrent protection
- Function 50BF Breaker fail protection : 2 หรือมากกว่า
- มี Event records และ Fault Records
- มีปุ่มกดสำหรับตั้งค่าด้านหน้าไม่น้อยกว่า 5 ปุ่ม
- โปรแกรมที่ใช้ร่วมกับ Relay จะใช้ Programmable scheme logic ในการควบคุม ฟังก์ชันต่างๆเช่น gate logic, relay outputs
- สามารถตั้งค่า Relay Setting ด้วย Software ผ่านคอมพิวเตอร์
- มีอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายสื่อสาร หรืออื่น ๆ ครบถ้วน สามารถทดสอบใช้งานตามรายละเอียดที่กำหนดได้
- มีเอกสารแต่งตั้งตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยเพื่อประโยชน์หลังการขาย

##### 4.3.2.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

จำนวน 1 ชุด

- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0–220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับปรับค่าได้ 3 เฟส 0–220/380V, 3A หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ 380V หรือมากกว่า
- มีหลอดไฟแสดงการทำงานทั้ง 3 เฟส
- มีมิเตอร์แสดงค่าแรงดัน
- มีระบบป้องกันความปลอดภัย พร้อมสวิตช์ฉุกเฉิน

#### 4.3.2.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 24V หรือมากกว่า จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- สามารถจ่ายแรงดัน 24 V, 3 A หรือมากกว่า
- ติดตั้งอยู่ในกล่องเหล็กตะแกรงมีหูหิ้ว

#### 4.3.2.4 ชุดหม้อแปลงกระแส จำนวน 6 ตัว

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- พิกัดกระแสไฟฟ้าด้าน Secondary (Is) เหมาะสมกับรีเลย์
- Accuracy Class 1.0 หรือดีกว่า
- สามารถใช้งานที่ความถี่ 50 Hz ได้
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.3.2.5 ชุดหม้อแปลง 3 เฟส จำนวน 1 ชุด

- พิกัด primary : 380 –220 V , 50Hz หรือมากกว่า
- พิกัด Secondary : 63–66–70–126–133–139–274–289–303V หรือมากกว่า

#### 4.3.2.6 Power Circuit Breaker จำนวน 2 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้ เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- Main Contact 3 NO 16A (@380Vac) และ Aux. Contact 1NO/1NC 3A หรือมากกว่า



- Close/Trip Coils เป็นแบบ 24Vdc หรือ 110Vdc
- มีจุดต่อสายรับคำสั่งการทำงาน Close/Trip จากรีเลย์ป้องกันได้
- สามารถสั่ง Close/Trip ได้ด้วยสวิตช์ Pushbuttonแบบมีหลอดไฟแสดง สภาวะการทำงานClose/Trip (สีแดง/สีเขียว ขนาดไม่น้อยกว่า 16 mm.)
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.3.2.7 ชุดความต้านทานสำหรับสร้าง Fault ( Fault Simulator) จำนวน 1 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความชื้น โดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- สามารถสร้าง Fault สมมาตรและไม่สมมาตร แบบ Three Phase Fault, Line to Ground Fault, Line to Line Fault, Double Line to Ground Fault หรือดีกว่า
- มีไฟแสดงการเกิด Fault แบบต่าง ๆ

#### 4.3.2.8 ชุดบัสบาร์สามเฟสวงจรคู่ (Two Double Busbar) จำนวน 2 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความชื้น โดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- เป็นชุดบัสบาร์สามเฟสวงจรคู่ แบบ 2 วงจร หรือดีกว่า
- สามารถควบคุมการ ON/OFF โดยใช้สวิตช์แบบปุ่มกด หรือดีกว่า
- มีไฟแสดงสถานะการทำงานของบัสบาร์ หรือดีกว่า
- ติดตั้งบนแผงหรือกล่องที่แข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm
- สวิตช์ ON/OFF สำรอง สีละไม่ต่ำกว่า 6 ตัว

#### 4.3.2.9 ชุดหลอดหลอดไฟ( Incandescent) จำนวน 2 ชุด

ติดตั้งบนแผงสาธิตหรือแผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความร้อน และความชื้น โดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง

- เป็นแบบ 3 เฟส 1500W หรือดีกว่า
- ใช้หลอด Incandescent 100W 220Vac ฐานรับหลอดเป็นชนิดกระเบื้องแบบไขว้เกลียว
- แต่ละเฟสมี 5 หลอดต่อขนานกัน สามารถเปิดปิดแต่ละหลอดได้อิสระด้วยสวิตช์โยกแบบ ON/OFF
- มีอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินแต่ละเฟส เช่น โอเวอร์โหลด โฟลส์ หรือดีกว่า
- ติดตั้งในตู้หรือกล่องที่ทนความร้อนสามารถถอดเปลี่ยนหลอดได้ง่ายมีฉากบังแสงทั้งด้านข้างและด้านบน ตัวตู้หรือกล่องสามารถระบายความร้อนได้ง่าย
- มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm. สามารถต่อแบบ  $\Delta/Y$  ได้

#### 4.3.2.10 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์

จำนวน 2 ชุด

- สามารถวัดกระแสได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ
- ย่านวัดแรงดัน DC สูงสุด 1000V หรือมากกว่า
- ย่านวัดแรงดัน AC สูงสุด 750V หรือมากกว่าหรือดีกว่า
- ย่านวัดกระแส DC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดกระแส AC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดค่าความต้านทาน สูงสุด 40 M  $\Omega$  หรือมากกว่า

#### 4.4 ชุดทดลองการป้องกันสายส่งกำลังไฟฟ้าโดยใช้รีเลย์ระยะทาง

จำนวน 1 ชุด

##### 4.4.1 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 4.4.1.1 เป็นชุดรีเลย์ในรูปแบบแผงสาธิตหรือโมดูลหรือดีกว่า โดยแผงสาธิตหรือโมดูลต้องพิมพ์สัญลักษณ์หรือการต่อวงจรอย่างชัดเจน
- 4.4.1.2 เป็นชุดที่ผลิตสำหรับการเรียนการสอน แข็งแรงทนทานโดยอุปกรณ์ทุกส่วนของชุดทดลอง สามารถนำมาประกอบรวมกันเพื่อใช้ในการทดลองได้ดี มีระบบป้องกันการเสียหายอันเนื่องจากการลัดวงจรจุดต่อต่าง ๆ มีจำนวนเพียงพอต่อการใช้งาน และมีความปลอดภัยต่อผู้ทำการทดลอง

#### 4.4.2 รายละเอียดทางเทคนิค

##### 4.4.2.1 รีเลย์ระยะทาง 3 เฟส (Distance Relay)

จำนวน 1 ตัว

มีรายละเอียดไม่น้อยกว่านี้

- Function 21P phase Distance protection : 5 zones หรือดีกว่า
- Function 21G ground distance protection : 5 zone หรือดีกว่า
- Function 50/51/67 Phase Overcurrent stages : 4 หรือมากกว่า
- Function 50N/51N Earth/ground overcurrent stages
- Function 79 Auto reclose-short supported :4
- Function 27 Under voltage ( 2 stage) หรือมากกว่า
- Function 59 Overvoltage.( 2 stage ) หรือมากกว่า
- โปรแกรมที่ใช้ร่วมกับ Relay จะใช้ Programmable scheme logic ในการควบคุม ฟังก์ชันต่างๆเช่น logic gate, includes OR, AND, MAJORITY and Set/reset Latch logic gate function
- สามารถตั้งค่า Relay Setting ด้วย Software ผ่านคอมพิวเตอร์
- มีอุปกรณ์ประกอบ เช่น สายสื่อสาร หรืออื่น ๆ ครบถ้วน สามารถทดสอบใช้งานตามรายละเอียดที่กำหนดได้
- มีเอกสารแต่งตั้งตัวแทนจำหน่ายจากบริษัทผู้ผลิตหรือตัวแทนจำหน่ายในประเทศไทยเพื่อประโยชน์หลังการขาย

##### 4.4.2.2 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้า (Power Supply)

จำนวน 1 ชุด

- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0-220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 220V หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับปรับค่าได้ 3 เฟส 0-220/380V, 3A หรือมากกว่า
- มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับคงที่ 380V หรือมากกว่า
- มีหลอดไฟแสดงการทำงานทั้ง 3 เฟส
- มีมิเตอร์แสดงค่าแรงดัน
- มีระบบป้องกันความปลอดภัย พร้อมสวิตช์ฉุกเฉิน



4.4.2.3 ชุดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงคงที่ 24V หรือมากกว่า จำนวน 2 ชุด

- สามารถจ่ายแรงดัน 24 V, 3 A หรือมากกว่า
- ติดตั้งอยู่ในกล่องเหล็กตะแกรงมีหูหิ้ว

4.4.2.4 ชุดหม้อแปลงกระแส จำนวน 3 ตัว

- พิกัดกระแสไฟฟ้าด้าน Secondary (Is) เหมาะสมกับรีเลย์
- Accuracy Class 1.0 หรือดีกว่า
- สามารถใช้งานที่ความถี่ 50 Hz ได้
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.

4.4.2.5 ชุดจำลองสายส่งกำลังไฟฟ้าระยะสั้น จำนวน 3 ชุด

- สายส่งระยะใกล้ 115 KV , (48.8 km)
- ความต้านทาน(R) 0.7 ohm , inductance (L) 6mH

4.4.2.6 Power Circuit Breaker จำนวน 1 ชุด

- Main Contact 3 NO 16A (@380Vac) และ Aux. Contact 1NO/1NC 3A หรือมากกว่า
- Close/Trip Coils เป็นแบบ 24Vdc หรือ 110Vdc
- มีจุดต่อสายรับคำสั่งการทำงาน Close/Trip จากรีเลย์ป้องกันได้
- สามารถสั่ง Close/Trip ได้ด้วยสวิตช์ PushbuttonแบบมีหลอดไฟแสดงสถานะการทำงานClose/Trip (สีแดง/สีเขียว ขนาดไม่น้อยกว่า 16 mm.)
- ติดตั้งในกล่องแข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm.

4.4.2.7 ชุดความต้านทานสำหรับสร้าง Fault( Fault Simulator) จำนวน 1 ชุด

- สามารถสร้าง Fault สมมาตรและไม่สมมาตร แบบ Three Phase Fault, Line to Ground Fault, Line to Line Fault, Double Line to Ground Fault หรือดีกว่า
- มีไฟแสดงการเกิด Fault แบบต่าง ๆ

4.4.2.8 ชุดบัสบาร์สามเฟสวงจรรคู่ (Two Double Busbar) จำนวน 1 ชุด

- เป็นชุดบัสบาร์สามเฟสวงจรรคู่ แบบ 2 วงจร หรือดีกว่า
- สามารถควบคุมการ ON/OFF โดยใช้สวิตช์แบบปุ่มกด หรือดีกว่า
- มีไฟแสดงสถานะการทำงานของบัสบาร์ หรือดีกว่า
- ติดตั้งบนแผงหรือกล่องที่แข็งแรง มีจุดต่อสายเป็นแบบ Safety Socket 4 mm

4.4.2.9 ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ จำนวน 1 ชุด

- สามารถวัดกระแสได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และกระแสสลับ
- ย่านวัดแรงดัน DC สูงสุด 1000V หรือมากกว่า
- ย่านวัดแรงดัน AC สูงสุด 750V หรือมากกว่าหรือดีกว่า
- ย่านวัดกระแส DC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดกระแส AC สูงสุด 10A หรือมากกว่า
- ย่านวัดค่าความต้านทาน สูงสุด 40 M  $\Omega$  หรือมากกว่า

4.5 ชุดทดลอง Power System จำนวน 1 ชุด

4.5.1 รายละเอียดทั่วไป

- 4.5.1.1 ชุดทดลองระบบการส่งจ่ายไฟฟ้ากำลังมีเนื้อหาการเรียนรู้เกี่ยวกับเรื่องกำลังไฟฟ้าจริงและกำลังไฟฟ้าต้านกลับ, การไหลของกำลังไฟฟ้าและโวลต์เดจเร็ด  
กุเลชั่นของสายส่ง , มุมเฟสและแรงดันตกคร่อมระหว่างด้านส่งและด้านรับ เป็นต้น
- 4.5.1.2 ชุดฝึกมีลักษณะเป็นโมดูลสามารถใช้กับระบบไฟ 3 เฟส 4 สาย 220/380 โวลต์ 50 Hz ได้เป็นอย่างดี และมีใบงาน ประกอบการทดลองอย่างเป็นขั้นตอนเหมาะสำหรับการศึกษาโดยเฉพาะ

#### 4.5.2 รายละเอียดทางเทคนิค

##### 4.5.2.1 ชุดตู้คอนโซลสำหรับใส่โมดูลขณะทำการทดลอง จำนวน 1 ชุด

- วัสดุทำจากโลหะมีความแข็งแรง พร้อมช่องใส่โมดูลสำหรับทำการทดลอง
- สามารถยึดโมดูลต่างๆให้อยู่ภายในตู้ขณะทำการทดลอง
- มีล้อสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก
- มีขนาด (H x W x D) ไม่น้อยกว่า 1650 x 930 x 660 mm

##### 4.5.2.2 ชั้นวางอุปกรณ์โมดูล จำนวน 1 ชุด

- วัสดุทำจากโลหะมีความแข็งแรง พร้อมชั้นวาง สามารถจัดเก็บอุปกรณ์โมดูลทำการทดลองได้เพียงพอ
- มีขนาด (H x W x D) ไม่น้อยกว่า 1970 x 1220 x 470 mm

##### 4.5.2.3 โมดูล DC Motor / Generator จำนวน 1 ชุด

- Motor Output Power : ไม่น้อยกว่า 170 W
- Generator Output Power : ไม่น้อยกว่า 110 W
- มีจุดต่อของขด Armature, Shut Field, Series Field อยู่ที่ด้านหน้าโมดูล
- มีชุด Field Rheostat ติดอยู่ที่ด้านหน้าโมดูล
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.

##### 4.5.2.4 โมดูล Synchronous Motor/Generator จำนวน 1 ชุด

- คุณสมบัติทาง Motor
  - Output Power : ไม่น้อยกว่า 170 W
- คุณสมบัติทาง Generator
  - Output Power : 110 VA หรือมากกว่า
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.



#### 4.5.2.5 โมดูล Resistive Load

จำนวน 1 ชุด

- ภายในโมดูลประกอบด้วยตัวต้านทานค่าคงที่แบบ Wire-wound จำนวน 9 ตัว
- มีการต่อตัวต้านทานขนานกันไว้ จัดเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว
- ตัวต้านทานแต่ละตัวจะต่ออยู่กัน Toggle Switch
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.5.2.6 โมดูล Inductive Loads

จำนวน 1 ชุด

- ภายในโมดูลประกอบ power inductors แบบ iron-core จำนวน 9 ตัว
- มีการต่อตัว inductors ขนานกันไว้ จัดเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว
- ตัว inductors แต่ละตัวจะต่ออยู่กัน Toggle Switch
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.5.2.7 โมดูล Capacitive Load

จำนวน 1 ชุด

- ภายในโมดูลประกอบด้วยตัวเก็บประจุค่าคงที่แบบ Oil-Filled จำนวน 9 ตัว
- มีการต่อตัวเก็บประจุขนานกันไว้ จัดเป็น 3 กลุ่ม ๆ ละ 3 ตัว
- ตัวเก็บประจุแต่ละตัวจะต่ออยู่กัน Toggle Switch
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.5.2.8 โมดูล Three-Phase Transmission Line

จำนวน 2 ชุด

- ภายในโมดูลประกอบ power inductors แบบ iron-core จำนวน 3 ตัว
- สามารถปรับอิมพีแดนซ์ของสายส่งไฟฟ้าด้วย selector ด้านหน้าโมดูล
- สามารถปรับค่า Line Reactance ให้เลือกใช้งาน 0, 200, 400, และ 600  $\Omega$
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm.

#### 4.5.2.9 โมดูล Three-Phase Transformer Bank

จำนวน 2 ชุด

- ภายในโมดูลประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า จำนวน 3 ชุด
- หม้อแปลงไฟฟ้ามีคุณสมบัติดังนี้

- Primary Voltage : 380 V
- Secondary Voltage : 380/220 V
- Power : ไม่น้อยกว่า 240 VA
- Line Current : ไม่น้อยกว่า 0.6 A
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm

#### 4.5.2.10 โมดูล Three-Phase Regulating Autotransformer จำนวน 1 ชุด

- แรงดัน Line Voltage : 220/380 V
- กำลังไฟฟ้า : 400 VA หรือสูงกว่า
- กระแส Line Current : 0.6 A หรือดีกว่า
- ปรับแรงดัน Buck-Boost ได้ : 15% หรือดีกว่า
- ปรับ Phase Shift ได้ : 15° หรือดีกว่า
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm

#### 4.5.2.11 โมดูลมิเตอร์วัดไฟฟ้ากระแสตรง จำนวน 1 ชุด

- ชุดอนาล็อกโวลท์มิเตอร์
  - มีย่านการวัดแรงดันต่ำ : 0 – 40 V หรือดีกว่า
  - ไม่น้อยกว่า 400 V
- ชุดอนาล็อกแอมป์มิเตอร์ Ammeter
  - มีย่านการวัดกระแสต่ำ : 0 – 1.5 A หรือดีกว่า
  - มีย่านการกระแสสูง : ไม่น้อยกว่า 3 A

#### 4.5.2.12 โมดูลมิเตอร์วัดกระแสไฟฟ้า จำนวน 1 ชุด

- มีย่านการวัดกระแส : 0.25 ,1.5 ,5A หรือมากกว่า
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm

4.5.2.13 ไมครอมิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ จำนวน 2 ชุด

- มีย่านวัด 0-250 และย่าน 500 V.
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm

4.5.2.14 ไมครอมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟ จำนวน 2 ชุด

- ประกอบด้วย วัดต์มิเตอร์ และวาร์มิเตอร์ 3 เฟส แบบชี้กึ่งกลางสเกล อย่างละ 1 ตัวติดตั้งอยู่บนไมครุลเดียวกัน
- วัดต์มิเตอร์ ย่านการวัด 0-300 วัตต์
- วาร์มิเตอร์ ย่านการวัด 0-300 วาร์

4.5.2.15 ไมครอมิเตอร์วัดเฟส จำนวน 1 ชุด

- มีย่านวัด : 0 ถึง 180° (leading)
- จุดต่อแบบ Safety Socket 4 mm

4.5.2.16 ไมครูลแหล่งจ่ายไฟฟ้า ( Power Supply ) จำนวน 2 ชุด

- ชุดแหล่งจ่ายไฟตรง ( DC Power Supply )
  - ชุดแรงดันเข้าที่พุทปรับค่าได้ 0-220V , 5A
  - ชุดแรงดันเข้าที่พุทค่าคงที่ 220V , 1A
- ชุดแหล่งจ่ายไฟสลับ ( AC Power Supply )
  - ชุดแรงดันเข้าที่พุทปรับค่าได้ 3 เฟส 0-220/380 V , 3A
  - ชุดแรงดันเข้าที่พุทค่าคงที่ 3 เฟส 220/380V , 10A
  - ชุดแรงดันไฟฟ้า 24V , 3A

4.5.2.17 อุปกรณ์ชี้ตำแหน่งมุมเฟส ( Phase Shift Indicator ) จำนวน 1 ชุด

- ใช้วัดมุมเฟสจากโรเตอร์ของมอเตอร์
- สามารถแบบการหมุน CW หรือ CCW ได้
- สามารถแสดงมุมได้ 120 ถึง 0 ถึง 120° หรือดีกว่า



4.5.2.18 วงล้อสร้างแรงเฉื่อย ( Inertia Wheel ) จำนวน 1 ชุด

- สามารถประกอบเข้ากับเพลลาของชุดเครื่องกลไฟฟ้าได้อย่างสะดวก
- มีค่า Moment of Inertia ไม่ต่ำกว่า  $0.026 \text{ kg}\cdot\text{m}^2$  ( $0.62 \text{ lb}\cdot\text{ft}^2$ )

4.5.2.19 เครื่องวัดความเร็ว Stroboscope แบบแสงกระพริบ จำนวน 1 ชุด

- เป็น Stroboscope มีลักษณะเป็นโคมไฟแฟลชพร้อมกับมือจับ
- มีโหมด Internal และ External สำหรับการทริกเกอร์
- ชุดสายพาน Timing Belt จำนวน 1 เส้น

4.5.2.20 ชุดสายต่อวงจร Connection Leads จำนวน 1 ชุด

- มีหัวต่อขนาด 4 มม. แบบ Safety
- มีขนาดความยาวสายต่อต่าง ๆ กันไม่น้อยกว่า 3 ขนาด

4.6 โต๊ะทดลองพร้อมคอลโซล จำนวน 5 ชุด

- 4.6.1 กล่องคอนโซลไม้ปาติเกิ้ลบอร์ดขนาด กว้าง 220 mm. x ยาว 2 m. x สูง 216 mm. หน้าไม่น้อยกว่า 28 mm. หรือดีกว่า
- 4.6.2 โต๊ะทดลองปูดวยแผ่นไม้ปาติเกิ้ลบอร์ดขนาด กว้าง 900 mm. x ยาว 2 m. x หน้า 28 mm. หรือดีกว่า และโต๊ะทดลองมีความสูงไม่ต่ำกว่า 700 mm.
- 4.6.3 แผง Main Circuit breaker 3 pole ไม่น้อยกว่า 16A และ Earth Leakage Circuit Breaker 4 pole ไม่น้อยกว่า 20 A  $I_f$  30mA แบบติดบนรางมีหลอดไฟสัญญาณ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง ไม่น้อยกว่า 10 มม. แสดงไฟแต่ละเฟส พร้อม Safety Socket 4 มม. 3L /N/ PE พร้อม Emergency Stop แบบล็อกได้
- 4.6.4 มี Voltmeter แสดงระดับ แรงดันไฟฟ้า โดยมี selector switch ในการวัดระดับแรงดันไฟฟ้า และมีจุดจ่ายแรงดันไฟฟ้าแบบ Safety Socket 4 มม. พร้อม Fuse ป้องกัน
- 4.6.5 แผงจ่ายไฟ Universal out let แบบ 2P+PE ขนาด 220 Volt ใช้กับกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 10 แอมป์ จำนวน 6 ชุด

- 4.6.6 แผงจ่ายไฟ พร้อม Power plug แบบ 3P+N+PE ขนาด 380 Volt ใช้กับกระแสไฟฟ้าไม่น้อยกว่า 16 แอมป์ จำนวน 2 ชุด
- 4.6.7 สายไฟขนาด 5x2.5 มม<sup>2</sup> ยาวไม่น้อยกว่า 5 เมตร พร้อม Power plug แบบ 3P+N+PE ขนาด 380 V ใช้กับกระแสไฟฟ้าได้ไม่น้อยกว่า 16 A แบบติดลอย จำนวน 1 ชุด
- 4.6.8 มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับแบบ transformer variable ขนาดไม่น้อยกว่า 2 KVA voltage input 220 V ไม่น้อยกว่า 5 A ,Voltage output 0–220V พร้อม Safety Socket 4 มม. L /N
- 4.6.9 มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ 24 VDC 5A และแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0–220 VDC 5A แสดงผลบนจอ
- 4.6.10 แผง Module ทำด้วยวัสดุที่เป็นฉนวน มีความหนาไม่น้อยกว่า 5 mm. ผิวหน้าเคลือบด้วยวัสดุ ผิวเรียบไม่สะท้อนแสงที่เป็นเนื้อเดียวกัน สามารถทนความชื้น และความร้อนโดยไม่ทำให้เกิดการลุกไหม้ มีอักษรกำกับหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เทคนิคการพิมพ์แบบกัดเซาะร่อง
- 4.6.11 มีโครงเสาหลัก และโครงอลูมิเนียมยึดแผง Module ไม่น้อยกว่า 3 ชั้น
- 4.6.12 สายไฟเชื่อมต่อวงจรขนาดไม่ต่ำกว่า 2.5 sqmm. ประกอบด้วย jack แบบ safety หัว-ท้าย ยาว 2 m จำนวน 30 เส้น, ยาว 1.0 m จำนวน 30 เส้น และยาว 0.5 m จำนวน 30 เส้น ต่อโต๊ะทดลองหนึ่งชุด
- 4.6.13 อุปกรณ์ไฟฟ้าทั้งหมดเป็นผลิตภัณฑ์ ยุโรป, อเมริกา , ญี่ปุ่น

#### 4.7 เครื่องถ่ายภาพทัศนียภาพ 3 มิติ

จำนวน 1 ชุด

- 4.7.1 เป็นเครื่องถ่ายภาพทัศนียภาพจากวัตถุ 3 มิติ फिल्मเนกาตีฟ फिल्मสไลด์ แผ่นใส หนังสือ เป็นต้น
- 4.7.2 อุปกรณ์สร้างสัญญาณภาพแบบ CCD หรือ CMOS ขนาดไม่ต่ำกว่า 1/2.7 นิ้ว
- 4.7.3 อัตราความเร็วภาพ (Frame Rate) ไม่ต่ำกว่า 25 fps
- 4.7.4 สามารถใช้งานร่วมกับโทรทัศน์ วีดีโอ โปรเจคเตอร์ คอมพิวเตอร์
- 4.7.5 ให้ความละเอียด (Resolution) ไม่ต่ำกว่า sxga (1280 x 1024)
- 4.7.6 มีระบบการซูมภาพไม่น้อยกว่า 12X Optical
- 4.7.7 สามารถบันทึกภาพในตัวเครื่องได้ และบันทึกภาพเข้าสู่คอมพิวเตอร์ได้ โดยใช้หน่วยความจำ
- 4.7.8 สามารถแบ่งภาพ และ แสดงภาพค้าง (Freeze)

4.7.9 มีช่องต่อสัญญาณดังนี้ หรือดีกว่า usb1.1 type b ,vga in vga out , Microphone , , HDMI

4.7.10 สินค้ามีการรับประกันคุณภาพ อะไหล่ และบริการเป็นเวลาอย่างน้อย 1 ปี

#### 4.8 Projector

จำนวน 1 ชุด

4.8.1 เป็นเครื่องมัลติโปรเจคเตอร์ชนิด 3LCD หรือดีกว่า

4.8.2 มีกำลังส่องสว่างขนาด 3,800 ANSI lumens หรือดีกว่า

4.8.3 มีอัตราความคมชัด (Contrast) 12,000 : 1 หรือดีกว่า

4.8.4 ความละเอียดของสัญญาณภาพคอมพิวเตอร์แบบ XGA (1024x768 พิกเซล) หรือดีกว่า

4.8.5 มีระบบแก้ไขความผิดพลาดจอภาพสี่เหลี่ยมคางหมู (KEystone CORRECTION) ได้ทางแนวดิ่งไม่น้อยกว่า  $\pm 30^\circ$  หรือดีกว่า

4.8.6 สามารถฉายภาพบนวัสดุโค้งได้

4.8.7 มีอายุการใช้งานของหลอดภาพยาวนาน 5,000 ชั่วโมง หรือดีกว่า

4.8.8 มีช่องต่อสัญญาณดังนี้ หรือมากกว่า

4.8.9 Computer D-Sub 15 pin x 1

4.8.10 HDMI x 1 สายยาวไม่น้อยกว่า 5 เมตร

4.8.11 Video IN (RCA-pin) x 1

4.8.12 Serial IN D-sub 9-pin x 1

4.8.13 สายต่อเชื่อม Hdmi และ rs 232 ยาวไม่น้อยกว่า 5 เมตร

4.8.14 มีชุดขายึด projector

#### 4.9 จอรับภาพชนิดมอดเตอร์ไฟฟ้า ขนาดไม่น้อยกว่า 100 นิ้ว

จำนวน 1 จอ

4.9.1 เป็นจอรับภาพชนิดควบคุมการขึ้นลงของจอภาพและม้วนเก็บด้วยมอดเตอร์ไฟฟ้า บังคับจอขึ้น ลง หยุด ด้วยสวิทช์หรือรีโมทคอนโทรล

4.9.2 ใช้ไฟฟ้า 220 V 50 Hz

4.9.3 เนื้อจอสีขาวทำจากวัสดุ Fiber Glass ด้านหลังเคลือบสีดำ ทนต่อการฉีกขาดป้องกันการติดไฟและสามารถทำความสะอาดได้

4.9.4 มีระบบป้องกันการ Overload การตัดไฟอัตโนมัติ เพื่อป้องกันความเสียหายของมอดเตอร์

4.9.5 กระจกจอ ออกแบบให้สามารถติดตั้งกับผนังหรือเพดานได้



4.9.6 ติดตั้งพร้อมกล่องครอบกระบอ กจอ และทดสอบการทำงาน

4.10 เครื่องโทรทัศน์

จำนวน 1 ชุด

- 4.10.1 เครื่องโทรทัศน์ LED TV ที่สามารถเชื่อมต่อกับระบบอินเทอร์เน็ตได้ ขนาดหน้าจอ ไม่น้อยกว่า 70 นิ้วหรือดีกว่า
- 4.10.2 จอภาพแบบ FULL HD ความละเอียดภาพระดับ 3840x2160 Pixel หรือดีกว่า
- 4.10.3 สายต่อเชื่อม Hdmi ยาวไม่น้อยกว่า 5 เมตร
- 4.10.4 ขอยึด tv แบบปรับระดับได้ใช้ยึดทีวี ขนาด ไม่ต่ำกว่า 70 นิ้ว
- 4.10.5 มีระบบเซนเซอร์ปรับความสว่างของหน้าจอตามสภาพแวดล้อมภายในห้อง เพื่อการประหยัดพลังงาน
- 4.10.6 มีโหมดประหยัดพลังงาน
- 4.10.7 มีเทคโนโลยี AquoMotion ลดความเบลอของภาพขณะที่มีการเคลื่อนไหว
- 4.10.8 สามารถรองรับการใช้งาน Wireless LAN ในตัวเครื่อง
- 4.10.9 มีระบบ Smart TV สามารถรองรับการใช้งาน Web Browser, Apps, Youtube, Facebook เป็นอย่างน้อย
- 4.10.10 มีระบบเสียงแบบสเตอริโอรอบทิศทาง ลำโพงพลังเสียง 20W หรือดีกว่า
- 4.10.11 มีตัวรับสัญญาณดิจิตอลในตัวพร้อม Antenna Booster เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรับสัญญาณในพื้นที่ที่มีสัญญาณต่ำ
- 4.10.12 มีรีโมทไร้สายควบคุมการสั่งงาน
- 4.10.13 มีช่องต่อสัญญาณไม่น้อยกว่า 1 ช่อง HDMI,USB
- 4.10.14 เป็นผลิตภัณฑ์ที่กำลังอยู่ในสายการผลิต ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์เก่าเก็บ

4.11 เครื่องคอมพิวเตอร์ประมวลผล All in one

จำนวน 4 ชุด

- 4.11.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เป็นแบบ Intel ไม่ต่ำกว่า Core i5 ความเร็วในการประมวลผล ไม่น้อยกว่า 2.8 GHz หรือสูงกว่า มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory ขนาดไม่น้อยกว่า 3 MB หรือดีกว่า
- 4.11.2 มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR3 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 4 GB และสามารถขยายได้สูงสุดไม่น้อยกว่า 16 GB

- 4.11.3 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard Drive) ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 7,200 รอบหรือดีกว่า
- 4.11.4 มีจอภาพแบบสัมผัสที่รองรับความละเอียดไม่น้อยกว่า 1920x1080Pixel และมีขนาดไม่น้อยกว่า 20 นิ้ว
- 4.11.5 มีเครื่องอ่านและเขียน DVD-RW หรือดีกว่า
- 4.11.6 มีอุปกรณ์อ่านการ์ดหน่วยความจำแบบ 3-in-1 หรือดีกว่า
- 4.11.7 มีช่องสำหรับต่อเชื่อมอุปกรณ์ภายนอกแบบ USB 3.0 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง, USB 2.0 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง และ ช่องต่อ Headphone/microphone ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง
- 4.11.8 สามารถใช้สัญญาณไร้สายได้ไม่น้อยกว่า Wi-Fi (802.11b, g, n) และ Bluetooth
- 4.11.9 มีกล้อง webcam ที่มีไมโครโฟนในตัว
- 4.11.10 ตัวเครื่อง แป้นพิมพ์ และ เมาส์ต้องเป็นผลิตภัณฑ์ที่อยู่ภายใต้เครื่องหมายการค้าเดียวกัน
- 4.11.11 มีการรับประกัน ณ สถานที่ติดตั้งโดยผู้ผลิตไม่น้อยกว่า 1 ปี

#### 4.12 ดิจิตอลสโตเรจออกซิลโลสโคป 4 ช่องสัญญาณ

จำนวน 1 เครื่อง

##### รายละเอียดด้านเทคนิค

- 4.12.1 เป็นดิจิตอลสโตเรจออกซิลโลสโคป ที่มีแบนด์วิธ 100 MHz หรือสูงกว่า
- 4.12.2 สามารถวัดสัญญาณไฟฟ้าได้พร้อมกัน 4 ช่องสัญญาณหรือมากกว่า
- 4.12.3 มีอัตราการสุ่มสัญญาณสูงสุดไม่น้อยกว่า 2 GSa/s หรือดีกว่า
- 4.12.4 มีหน่วยความจำสูงสุด 50 kpts ต่อช่องสัญญาณหรือดีกว่า
- 4.12.5 มีอัตราประมวลผลรูปคลื่นไม่น้อยกว่า 50,000 waveform/sec
- 4.12.6 มีฟังก์ชันการวัดค่าไม่น้อยกว่า 20 พารามิเตอร์
- 4.12.7 มีฟังก์ชัน ZOOM สำหรับดูสัญญาณเฉพาะส่วนที่ต้องการได้
- 4.12.8 จอภาพชนิด WVGA ขนาด 8.4 นิ้ว ที่มีความละเอียดไม่น้อยกว่า 800x480 และสามารถแสดงระดับสีได้ 64 ระดับหรือดีกว่า
- 4.12.9 มีช่องต่อ USB 2.0 สำหรับด้านหน้าและด้านหลังเครื่องเพื่อการถ่ายโอนข้อมูล
- 4.12.10 มีฟังก์ชันการวัดค่าทางคณิตศาสตร์ และฟังก์ชันการค่าต่างๆของสัญญาณ สำหรับ Voltage & Time
- 4.12.11 มีฟังก์ชัน cursor measurement บนหน้าจอ

- 4.12.12 โหมดแสดงผลแบบ ปกติ (Normal), X-Y และ Roll ได้
- 4.12.13 Vertical Range : 2 mV/div ถึง 5 V/div หรือกว้างกว่า
- 4.12.14 DC Gain Accuracy : 4% หรือดีกว่า
- 4.12.15 Maximum Input Voltage : CAT I 300 Vrms, 400 Vpk หรือสูงกว่า
- 4.12.16 Time base range : 5 ns/div ถึง 50 s/div หรือกว้างกว่า
- 4.12.17 Time base accuracy : 25 ppm หรือดีกว่า
- 4.12.18 Trigger coupling : AC, DC, noise reject, LF reject, HF reject หรือดีกว่า
- 4.12.19 Acquisition modes : Normal, Averaging, Peak, High resolution หรือดีกว่า
- 4.12.20 Trigger mode : Normal, Auto , Single หรือมากกว่า
- 4.12.21 FFT window type : Hanning, flat top, Blackman-Harris หรือมากกว่า
- 4.12.22 Persistence : ปรับค่าได้ ตั้งแต่ 100 ms ถึง 50 s หรือกว้างกว่า
- 4.12.23 สายนำสัญญาณ 10:1, 150 MHz, จำนวน 4 เส้น
- 4.12.24 AC power cord จำนวน 1 เส้น

#### 4.13 เครื่องวัด AC โวลมิเตอร์ จำนวน 3 เครื่อง

- 4.13.1 เป็นแบบมูฟวี่งคอยล์มีแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ต่ำ และเข็มชี้แบบใบมีด
- 4.13.2 มีสเกลการวัดกว้างและยาว พร้อมกระจกสะท้อนช่วยให้สามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำ
- 4.13.3 พิกัดย่านวัดเต็มสเกล ขนาดไม่ต่ำกว่า 0 -380V หรือดีกว่า
- 4.13.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด ไม่เกิน  $\pm 0.5\%$  หรือดีกว่า

#### 4.14 เครื่องวัด AC แอมป์มิเตอร์ จำนวน 3 เครื่อง

- 4.14.1 เป็นแบบมูฟวี่งคอยล์มีแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ต่ำ และเข็มชี้แบบใบมีด
- 4.14.2 มีสเกลการวัดกว้างและยาว พร้อมกระจกสะท้อนช่วยให้สามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำ
- 4.14.3 พิกัดย่านวัดเต็มสเกล ขนาดไม่ต่ำกว่า 2/5/10/20 A หรือดีกว่า
- 4.14.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด ไม่เกิน  $\pm 0.5\%$  หรือดีกว่า

#### 4.15 เครื่องวัด DC แอมป์มิเตอร์ จำนวน 3 เครื่อง

- 4.15.1 เป็นแบบมูฟวี่งคอยล์มีแรงเสียดทานในการเคลื่อนที่ต่ำ และเข็มชี้แบบใบมีด



- 4.15.2 มีสเกลการวัดกว้างและยาว พร้อมกระจกสะท้อนช่วยให้สามารถอ่านค่าได้อย่างแม่นยำ
- 4.15.3 พิกัดย่านวัดเต็มสเกล ขนาดไม่ต่ำกว่า 1/3/10/30 A หรือดีกว่า
- 4.15.4 ค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด ไม่เกิน  $\pm 0.5\%$  หรือดีกว่า

#### 4.16 DC power supply หน้าปัดแสดงผล แบบเข็ม จำนวน 5 เครื่อง

- 4.16.1 วัตต์ 90W หรือดีกว่า
- 4.16.2 ย่านเข้าที่พุทแรงดันไฟ : 0~30 V หรือดีกว่า
- 4.16.3 ย่านเข้าที่พุทกระแสไฟ (เลือก Hi/Lo ได้) : 0~3 A หรือดีกว่า
- 4.16.4 จอแสดงผล : แบบเข็ม
- 4.16.5 ขนาดไม่ต่ำกว่า : 128 x 145 x 285 มม. หรือดีกว่า

#### 4.17 DC power supply หน้าปัดแสดงผล แบบ Digital จำนวน 5 เครื่อง

- 4.17.1 วัตต์ 90W
- 4.17.2 ย่านเข้าที่พุทแรงดันไฟ : 0~30 V
- 4.17.3 ย่านเข้าที่พุทกระแสไฟ (เลือก Hi/Lo ได้) : 0~3 A
- 4.17.4 จอแสดงผล : LED 3 1/2 หลัก
- 4.17.5 ขนาดไม่ต่ำกว่า : 128 x 145 x 285 มม.

#### 4.18 คอมพิวเตอร์ประมวลผลพกพา จำนวน 2 ชุด

- 4.18.1 มีหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เป็นแบบ Intel ไม่ต่ำกว่า Core i7 ความเร็วในการประมวลผล ไม่น้อยกว่า 2.6 GHz up to 3.5GHz หรือสูงกว่า มีหน่วยความจำแบบ Cache Memory ขนาดไม่น้อยกว่า 3 MB หรือดีกว่า มีหน่วยความจำหลัก (RAM) ชนิด DDR4 หรือดีกว่า ขนาดไม่น้อยกว่า 4 GB
- 4.18.2 มีหน่วยจัดเก็บข้อมูล (Hard Drive) ขนาดความจุไม่น้อยกว่า 1 TB ความเร็วรอบไม่น้อยกว่า 7,200 รอบหรือดีกว่า
- 4.18.3 มีจอภาพแบบสัมผัสที่รองรับความละเอียดไม่น้อยกว่า 1920x1080Pixel และมีขนาดไม่น้อยกว่า 15 นิ้ว Full HD IPS
- 4.18.4 มีเครื่องอ่านและเขียน DVD-RW หรือดีกว่า

- 4.18.5 มีอุปกรณ์อ่านการ์ดหน่วยความจำแบบ 3-in-1 หรือดีกว่า
- 4.18.6 มีช่องสำหรับต่อเชื่อมอุปกรณ์ภายนอกแบบ USB 3.0 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง, USB 2.0 ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง และ ช่องต่อ Headphone/microphone ไม่น้อยกว่า 1 ช่อง HDMI ,VGA
- 4.18.7 สามารถใช้สัญญาณไร้สายได้ไม่น้อยกว่า Wi-Fi (802.11b, g, n) และ Bluetooth
- 4.18.8 มีกล้อง webcam ที่มีไมโครโฟนในตัว
- 4.18.9 มีการรับประกัน ณ สถานที่ติดตั้งโดยผู้ผลิตไม่น้อยกว่า 1 ปี

#### 4.19 ระบบเสียง

จำนวน 1 ชุด

- 4.19.1 ชุดเครื่องเสียง ลำโพงพกพา Powered Mixer ไม่ต่ำกว่า 400W (200W + 200W) ลำโพงแบบ 2 ทาง, LF: ไม่ต่ำกว่า 8" จำนวน 2 ตัว ชุดลำโพงพกพา ตัวลำโพงเคลื่อนที่ เครื่องเสียงพร้อมใช้งาน เครื่องเสียงพกพา
  - ไมโครโฟน x 2 ตัว หรือ CD/DVD + 1 Mic หรือ JBL GO + Mic
  - มีขาตั้งลำโพง x 2 ต้น
  - มีกระเป๋าเก็บชุดลำโพง
  - มีสายลำโพง สายไมโครโฟน
- 4.19.2 เครื่องแปลงความถี่ LF: 8 "(20cm) กรวย HF: 1" (2.54cm) โปรแกรมควบคุมการบีบอัดวอยซ์คอยล์
- 4.19.3 125dB SPL / ลำโพง ช่วง db (55Hz - 20kHz)
- 4.19.4 แหล่งจ่ายไฟ 100V - 240V 50Hz / 60Hz
- 4.19.5 ขนาดลำโพงไม่ต่ำกว่า 289x472x275mm ผสม 308x180x116mm
- 4.19.6 เครื่องผสม เป็นแบบ อนาล็อก (4 ไมโนไมโครโฟน / สายสาย +4 ไมโน / 2 สเตอริโอ) ช่อง EQ 2 วง (High ขึ้นวาง: 8kHz ต่ำขึ้นวาง: 100Hz) ,Out put ออกมาจากลำโพง (L, R), Monitor out (L / MONO, r) ซับวูฟเฟอร์ OUT (MONO) กับ HPF อัตโนมติ
- 4.19.7 มีการรับประกัน ณ สถานที่ติดตั้งโดยผู้ผลิตไม่น้อยกว่า 1 ปี

## 5 เงื่อนไข

- 5.1 มีใบงานการทดลองภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ตามครุภัณฑ์ที่จัดหาตามข้อ 4.1-4.5 อย่างละ ไม่น้อยกว่า 10 ชุด
- 5.2 มีการจัดฝึกอบรมการใช้งานเป็นระยะเวลาไม่น้อย 3 วัน

5.3 รับประกันคุณภาพสินค้าเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 1 ปี

5.4 ติดตั้งครุภัณฑ์และระบบอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องปฏิบัติการตามหลักวิชาการ สามารถใช้งานได้ทันทีก่อนส่งมอบ

#### 6. ระยะเวลาดำเนินการ

ภายใน 120 วัน นับถัดจากลงนามในสัญญา

#### 7. ระยะเวลาส่งมอบ

งวดเดียว ภายใน 120 วัน

#### 8. วงเงินงบประมาณในการจัดหา

เงินงบประมาณโครงการ 6,000,000 บาท ( หกล้านบาทถ้วน )

ราคากลาง 6,000,000 บาท ( หกล้านบาทถ้วน )

#### 9. สถานที่ติดต่อเพื่อขอทราบข้อมูลเพิ่มเติมและส่งข้อเสนอแนะ วิจัย หรือแสดงความคิดเห็น

สามารถส่งข้อคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะ วิจัยเกี่ยวกับร่างขอบเขตของงานได้ที่

สถานที่ติดต่อ งานพัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

เลขที่ 128 ถนนห้วยแก้ว ตำบลช้างเผือก อำเภอเมือง จังหวัดเชียงใหม่ 50300

โทรศัพท์ 0-5392-1444 ต่อ 1321

โทรสาร 0-5392-1444 ต่อ 1321

เว็บไซต์ <http://www.rmutl.ac.th>

E-mail [pasadu@rmutl.ac.th](mailto:pasadu@rmutl.ac.th)

สาธารณชนที่ต้องการเสนอแนะ วิจัย หรือมีความเห็น ต้องเปิดเผยชื่อและที่อยู่ของผู้ให้ข้อเสนอแนะวิจัยหรือมีความเห็นด้วย



คณะกรรมการร่างขอบเขตของงาน

(ลงชื่อ)  .....

(นายสาคร ปันตา)

(ลงชื่อ)  .....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิพนธ์ วงศ์หา)

(ลงชื่อ)  .....

(นายสามารถ ยะเชียงคำ)