

เครื่องวัดไฟฟ้า

(Electrical Instruments)



ไวพจน์ ศรีธัญ

135.-

เครื่องวัดไฟฟ้า (Electrical Instruments)

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ISBN 978-616-495-263-8

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2567

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

เรียบเรียงโดย

ไวพจน์ ศรีธัญ

แถมฟรี !

e-book บทเรียน
ในรูปแบบ QR Code

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย...



วังอักษร

บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-4 Mobile 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangaksorn.com>

Line ID : wangaksorn



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2565

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้
เครื่องวัดไฟฟ้า
(Electrical Instruments)

ครั้งที่	รายการ			จำนวนชั่วโมง		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ประยุกต์ใช้	ท	ป	รวม
1-2	บทเรียนที่ 1 พื้นฐานเครื่องวัดไฟฟ้า	- ใบกิจกรรมที่ 1.1 สัญลักษณ์เครื่องมือวัดไฟฟ้า - ใบกิจกรรมที่ 1.2 หน่วย การวัดทางไฟฟ้า - ใบกิจกรรมที่ 1.3 การหาค่า ความคลาดเคลื่อน		2	6	8
3-4	บทเรียนที่ 2 เครื่องมือวัดไฟฟ้า กระแสตรง	- ใบงานที่ 2.1 ดิซีแอมป์มิเตอร์ - ใบงานที่ 2.2 ดิซีโวลต์มิเตอร์		2	6	8
5-6	บทเรียนที่ 3 เครื่องมือวัดไฟฟ้า กระแสสลับ	- ใบงานที่ 3.1 เอซีแอมป์มิเตอร์ - ใบงานที่ 3.2 เอซีโวลต์มิเตอร์		2	6	8
7	บทเรียนที่ 4 โอห์มมิเตอร์	- ใบงานที่ 4.1 การทดสอบ โอห์มมิเตอร์		1	3	4
8-9	บทเรียนที่ 5 มัลติมิเตอร์	- ใบงานที่ 5.3 มัลติมิเตอร์	- ใบงานที่ 5.1 ความต้านทาน ภายในของมัลติมิเตอร์ - ใบงานที่ 5.2 การประยุกต์ใช้ มัลติมิเตอร์	2	6	8
10-11	บทเรียนที่ 6 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า และพลังงาน	- ใบงานที่ 6.1 เครื่องมือวัด กำลังไฟฟ้า - ใบงานที่ 6.2 เครื่องมือวัด พาวเวอร์แฟกเตอร์ - ใบงานที่ 6.3 เครื่องมือวัด พลังงานไฟฟ้า		2	6	8



ครั้งที่	รายการ			จำนวนชั่วโมง		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ประยุกต์ใช้	ท	ป	รวม
12-13	บทเรียนที่ 7 เครื่องมือวัดไฟฟ้าอื่น ๆ	- ใบงานที่ 7.2 เครื่องวัด ความถี่	- ใบงานที่ 7.1 แคลมป์มิเตอร์	2	6	8
14-15	บทเรียนที่ 8 เครื่องมือวัดไฟฟ้า แบบบริดจ์	- ใบงานที่ 8.1 การทดสอบ วงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง - ใบงานที่ 8.2 การทดสอบ วงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ		2	6	8
16-17	บทเรียนที่ 9 ออสซิลโลสโคป	- ใบงานที่ 9.1 การปรับแต่ง ออสซิลโลสโคป - ใบงานที่ 9.2 การใช้งาน ออสซิลโลสโคป		2	6	8
18	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา			1	3	4
รวม				18	54	72



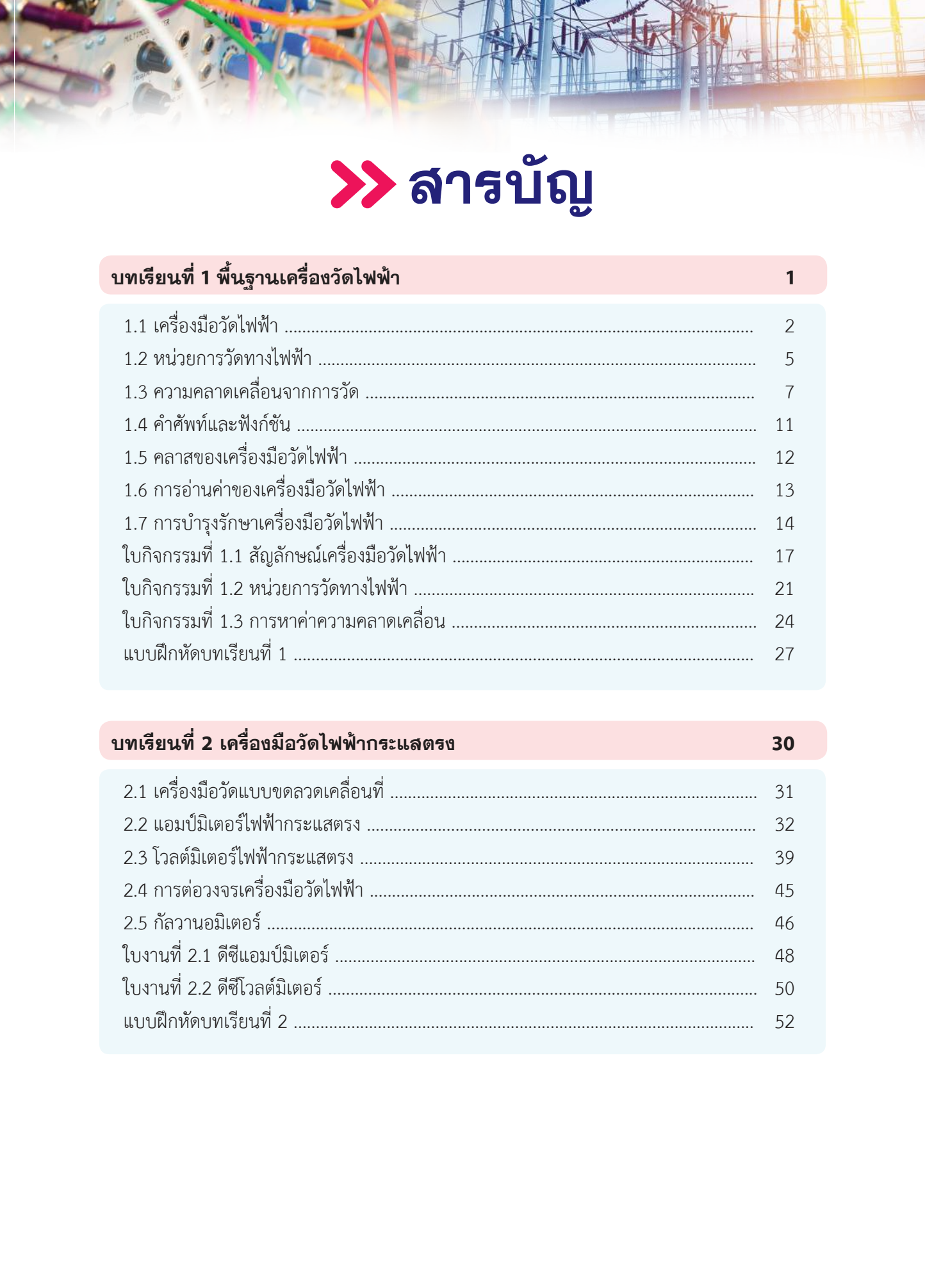
>> คำนำ

บริษัท วังอักษร จำกัด ได้จัดทำหนังสือวิชา **เครื่องวัดไฟฟ้า (Electrical Instruments)** เพื่อใช้ประกอบการและประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตรอาชีวศึกษา (สอศ.) หลักสูตรส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) หลักสูตรอุดมศึกษา ผู้สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้และทักษะ

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ ใบกิจกรรม ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบคู่ขนาน มีจุดประสงค์ในการยกระดับผู้เรียนให้เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะ ประสิทธิภาพ และการประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยในการทำงาน เพื่อสร้างสมรรถนะตามความต้องการของสถานประกอบการ เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ แบ่งออกเป็น 9 บทเรียน คือ **บทเรียนที่ 1 พื้นฐานเครื่องวัดไฟฟ้า บทเรียนที่ 2 เครื่องมือวัดไฟฟ้า กระแสตรง บทเรียนที่ 3 เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ บทเรียนที่ 4 โอห์มมิเตอร์ บทเรียนที่ 5 มัลติมิเตอร์ บทเรียนที่ 6 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าและพลังงาน บทเรียนที่ 7 เครื่องมือวัดไฟฟ้าอื่น ๆ บทเรียนที่ 8 เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบบริดจ์ และบทเรียนที่ 9 ออสซิลโลสโคป**

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาที่ทันสมัย ตามแผนการพัฒนาศึกษาด้านวิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์ชาติและแผนการศึกษาแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้และสมรรถนะตามมาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเทคนิคบำรุงรักษาเครื่องจักรกลสำหรับอุตสาหกรรมไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ ระดับ 1

ไวพจน์ ศรีธัญ



>> สารบัญ

บทเรียนที่ 1 พื้นฐานเครื่องวัดไฟฟ้า

1

1.1 เครื่องมือวัดไฟฟ้า	2
1.2 หน่วยการวัดทางไฟฟ้า	5
1.3 ความคลาดเคลื่อนจากการวัด	7
1.4 ค่าศัพท์และฟังก์ชัน	11
1.5 คลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า	12
1.6 การอ่านค่าของเครื่องมือวัดไฟฟ้า	13
1.7 การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า	14
ใบกิจกรรมที่ 1.1 สัญลักษณ์เครื่องมือวัดไฟฟ้า	17
ใบกิจกรรมที่ 1.2 หน่วยการวัดทางไฟฟ้า	21
ใบกิจกรรมที่ 1.3 การหาค่าความคลาดเคลื่อน	24
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 1	27

บทเรียนที่ 2 เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสตรง

30

2.1 เครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่	31
2.2 แอมป์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	32
2.3 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	39
2.4 การต่อวงจรเครื่องมือวัดไฟฟ้า	45
2.5 กัลวานอมิเตอร์	46
ใบงานที่ 2.1 ดิซีแอมป์มิเตอร์	48
ใบงานที่ 2.2 ดิซีโวลต์มิเตอร์	50
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2	52



บทเรียนที่ 3 เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับ

55

3.1 เครื่องมือวัดแบบเรียงกระแสไฟฟ้า	56
3.2 เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์โพรโตนาโมมิเตอร์	59
ใบงานที่ 3.1 เอซีแอมป์มิเตอร์	63
ใบงานที่ 3.2 เอซีโวลต์มิเตอร์	65
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 3	67

บทเรียนที่ 4 โอห์มมิเตอร์

69

4.1 ประวัติของโอห์มมิเตอร์	70
4.2 โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม	70
4.3 โอห์มมิเตอร์แบบขนาน	75
ใบงานที่ 4.1 การทดสอบโอห์มมิเตอร์	79
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 4	82

บทเรียนที่ 5 มัลติมิเตอร์

85

5.1 ความรู้พื้นฐาน	86
5.2 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	87
5.3 มัลติมิเตอร์แบบดิจิทัล	101
ใบงานที่ 5.1 ความต้านทานภายในของมัลติมิเตอร์	108
ใบงานที่ 5.2 การประยุกต์ใช้มัลติมิเตอร์	110
ใบงานที่ 5.3 มัลติมิเตอร์	112
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 5	116



บทเรียนที่ 6 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าและพลังงาน

119

6.1 กำลังไฟฟ้า	120
6.2 วัดต์มิเตอร์	121
6.3 พาวเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์	122
6.4 วาร์มิเตอร์	124
6.5 หน่วยวัดพลังงาน	125
ใบงานที่ 6.1 เครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า	128
ใบงานที่ 6.2 เครื่องมือวัดพาวเวอร์แฟกเตอร์	131
ใบงานที่ 6.3 เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า	135
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 6	138

บทเรียนที่ 7 เครื่องมือวัดไฟฟ้าอื่น ๆ

140

7.1 แคลมป์มิเตอร์	141
7.2 หม้อแปลงไฟฟ้า	145
7.3 เครื่องมือวัดความถี่	146
7.4 ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์	148
ใบงานที่ 7.1 แคลมป์มิเตอร์	151
ใบงานที่ 7.2 เครื่องวัดความถี่	153
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 7	155

บทเรียนที่ 8 เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบบริดจ์

157

8.1 บริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง	158
8.2 บริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับขั้นพื้นฐาน	166
ใบงานที่ 8.1 การทดสอบวงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรง	170
ใบงานที่ 8.2 การทดสอบวงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสสลับ	173
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 8	176



บทเรียนที่ 9 ออสซิลโลสโคป

178

9.1 โครงสร้างของออสซิลโลสโคป	179
9.2 การเกิดภาพ	180
9.3 หลอดแคโทดเรย์	181
9.4 โพรบ	183
9.5 ปุ่มปรับและฟังก์ชันสวิตช์	185
9.6 การใช้งานออสซิลโลสโคป	190
9.7 การบำรุงรักษาออสซิลโลสโคป	192
ใบงานที่ 9.1 การปรับแต่งออสซิลโลสโคป	194
ใบงานที่ 9.2 การใช้งานออสซิลโลสโคป	198
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 9	203

คำศัพท์

205

บรรณานุกรม

205

บทเรียนที่

e-book 4 สี



1

พื้นฐานเครื่องวัดไฟฟ้า



หัวข้อเรื่องหลัก

- 1.1 เครื่องมือวัดไฟฟ้า
- 1.2 หน่วยการวัดทางไฟฟ้า
- 1.3 ความคลาดเคลื่อนจากการวัด
- 1.4 ค่าศัพท์และฟังก์ชัน
- 1.5 คลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า
- 1.6 การอ่านค่าของเครื่องมือวัดไฟฟ้า
- 1.7 การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า



ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

อ่านสัญลักษณ์ คำนวณ แปลงหน่วย และจัดการความคลาดเคลื่อนจากเครื่องวัดไฟฟ้าด้วยความละเอียดรอบคอบ



แนวคิดหลัก

เนื่องจากปริมาณไฟฟ้าพื้นฐาน (แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน) ที่อยู่ในระบบวงจรไฟฟ้าจะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า เห็นแต่เพียงพัดลมหมุน หลอดไฟฟ้าสว่าง ฯลฯ จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดไฟฟ้าทำหน้าที่ตรวจสอบปริมาณไฟฟ้าพื้นฐานดังกล่าว แล้วนำปริมาณไฟฟ้าที่วัดได้นั้นมาวิเคราะห์ ออกแบบ คำนวณ ประกอบ ทดสอบ และตรวจสอบระบบวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์ต่าง ๆ ทางไฟฟ้า



สมรรถนะการเรียนรู้

1. แสดงความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการวัดทางไฟฟ้า
2. ปฏิบัติการหาค่าความคลาดเคลื่อนการวัด



จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. จำแนกประเภทเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ถูกต้อง
2. บอกความหมายจากสัญลักษณ์เครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ถูกต้อง
3. บอกวิธีการแปลงหน่วยต่าง ๆ ของปริมาณไฟฟ้าได้ถูกต้อง
4. จำแนกสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากขั้นตอนการวัดค่าปริมาณไฟฟ้าได้ถูกต้อง
5. อธิบายนิยามค่าศัพท์และฟังก์ชันของเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ถูกต้อง
6. อธิบายคลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ถูกต้อง
7. อธิบายการแบ่งจำนวนช่องสเกลของเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีทั้งแบบเชิงเส้นและไม่เป็นเชิงเส้นได้ถูกต้อง
8. บอกวิธีการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้าได้ถูกต้อง



เนื้อหาสาระ

ระบบวงจรไฟฟ้าทั่วไปล้วนมีปริมาณทางไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้องเสมอ ปริมาณไฟฟ้าพื้นฐานที่อยู่ในวงจรไฟฟ้าประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานตามกฎพื้นฐานของโอห์ม ปริมาณไฟฟ้าดังกล่าวจะไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือวัดไฟฟ้าทำการวัดค่าปริมาณไฟฟ้า ให้ได้รู้ค่าต่าง ๆ เพื่อที่จะนำไปวิเคราะห์ ออกแบบ คำนวณ ประกอบ ทดสอบและตรวจสอบระบบวงจรไฟฟ้าและอุปกรณ์อื่น ๆ ทางไฟฟ้า

บทเรียนนี้ศึกษาเกี่ยวกับประเภทเครื่องมือวัดไฟฟ้า สัญลักษณ์เครื่องมือวัดไฟฟ้า หน่วยการวัดทางไฟฟ้า ความคลาดเคลื่อน นิยามคำศัพท์และฟังก์ชันของเครื่องมือวัดไฟฟ้า คลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า การอ่านค่าจากสเกลหน้าปัดของเครื่องมือวัดไฟฟ้า และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

1.1 เครื่องมือวัดไฟฟ้า

ความถูกต้องเที่ยงตรงในการวัด (Measurement) ปริมาณทางไฟฟ้า นอกจากจะอาศัยทักษะความชำนาญของผู้วัดแล้ว สิ่งสำคัญของการวัดปริมาณทางไฟฟ้าอีกอย่าง คือ **เครื่องมือวัด (Instrument)** ซึ่งเป็นสิ่งประดิษฐ์ที่สร้างขึ้นเพื่อทำหน้าที่แทนมนุษย์ ตัวอย่างประเภทของเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าที่ใช้กันทั่วไป มีดังนี้

1. แอมป์มิเตอร์ (Ammeter) ใช้วัดกระแสไฟฟ้า (Current)
2. โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า (Voltage)
3. โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) ใช้วัดความต้านทาน (Resistance)
4. มัลติมิเตอร์ (Multimeter) เป็นเครื่องมือวัดอเนกประสงค์
5. วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) ใช้วัดกำลังไฟฟ้า (Power)
6. พาวเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ (Power Factor Meter) ใช้วัดค่าพาวเวอร์แฟกเตอร์
7. มาตรวัดกิโลวัตต์ชั่วโมง (Kilowatt Hour Meter) ใช้วัดพลังงานไฟฟ้า (Energy)
8. ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) ใช้วัดรูปคลื่นสัญญาณต่าง ๆ (Wave Form)

นอกจากนี้ ยังมีเครื่องมือวัดทางไฟฟ้าชนิดอื่น ๆ อีก ช่างไฟฟ้าจึงควรศึกษา ทำความรู้จักและเรียนรู้วิธีการใช้งานเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องและปลอดภัย

1.1.1 สัญลักษณ์เครื่องมือวัดไฟฟ้า

เครื่องมือวัดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ ที่ผลิตขึ้นมาใช้งานจะมีโครงสร้าง หลักการทำงานและวิธีการนำไปใช้งานที่แตกต่างกัน ดังนั้น ผู้ผลิตจึงทำสัญลักษณ์ (Symbol) ติดไว้ที่เครื่องมือวัดไฟฟ้าทุกเครื่องสามารถแยกได้ 4 ลักษณะ ดังนี้

1. สัญลักษณ์บอกชนิดของเครื่องมือวัด เช่น เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้กับไฟฟ้ากระแสตรง หรือใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับ
2. สัญลักษณ์บอกโครงสร้างการทำงาน เช่น แบบขดลวดเคลื่อนที่ หรือแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
3. สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งาน เช่น วางในแนวนอนหรือวางทำมุมขณะใช้งาน เป็นต้น
4. สัญลักษณ์บอกค่าความคลาดเคลื่อน เช่น บอกเป็นเปอร์เซ็นต์ หรือระบุเป็นคลาส (Class) เช่น Class 1.0

จากสัญลักษณ์ดังกล่าวข้างต้น สรุปไว้ดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดไฟฟ้า

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	วัดไฟฟ้ากระแสตรง		ผ่านการทดสอบฉนวนที่แรงดันไฟฟ้า 2 kV (ตัวเลขภายในดาวจะบอกแรงดันไฟฟ้าที่ทดสอบเป็น kV)
	วัดไฟฟ้ากระแสสลับ		ปรับตำแหน่งศูนย์
	วัดไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ		อุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า
	วัดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส		เครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่
	วางตั้งฉากกับพื้นขณะใช้งาน		เครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่มีอุปกรณ์เรียงกระแสไฟฟ้า
	วางแนวนอนขณะใช้งาน		เครื่องมือวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
	วางทำมุม 60 องศา ขณะใช้งาน		เครื่องมือวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ชนิดวัดอัตราส่วน
1.0	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการวัด 1.0%		เครื่องมือวัดที่มีกำบังไฟฟ้าสถิต
1.5	เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความยาวสเกล 1.5%		เครื่องมือวัดที่มีเหล็กกำบัง
	ข้อควรระวัง (ให้ศึกษาวิธีใช้จากคู่มือ)		เครื่องมือวัดไฟฟ้าสถิต
	อันตราย ให้เพิ่มความระวังเมื่อต้องวัดแรงดันไฟฟ้าสูง ๆ		เครื่องมือวัดแบบขดลวดไขว้
	มีฉนวนป้องกัน		เครื่องมือวัดแบบแม่เหล็กเคลื่อนที่
	ผ่านการทดสอบฉนวนที่แรงดันไฟฟ้า 500 V (ทดสอบระหว่างวงจรไฟฟ้ากับโครงของเครื่องมือวัด)		

ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์ต่าง ๆ ของเครื่องมือวัดไฟฟ้า (ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	เครื่องมือวัดแบบก้านสั้น		ดีซีมิลลิแอมป์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดแบบเหนี่ยวนำ		ดีซีแอมป์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดแบบเหนี่ยวนำ ชนิดวัดอัตราส่วน		เอซีแอมป์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ โตรไดนามิก		ดีซีมิลลิโวลต์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ โตรไดนามิก ที่มีเหล็กก้ำบัง		ดีซีโวลต์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ โตรไดนามิก สนามแม่เหล็กไขว้		เอซีโวลต์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดแบบอิเล็กทรอนิกส์ โตรไดนามิก สนามแม่เหล็กไขว้ที่มีเหล็กก้ำบัง		ดีซี/เอซีโวลต์มิเตอร์
	เครื่องมือวัดชนิดเทอร์โมคัปเปิล		พาวเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์
	จัดเรียงด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ขณะทำการทดสอบ		วาร์มิเตอร์
DIODE PROTECTION	มีไดโอดป้องกันมาตรวัด		เครื่องวัดความถี่
	กัลวานอมิเตอร์		โอห์มมิเตอร์
	ไมโครแอมป์มิเตอร์		เมกะโอห์มมิเตอร์
			วัตต์มิเตอร์ 1 เฟส
			วัตต์มิเตอร์ 3 เฟส
			กิโลวัตต์อวาร์มิเตอร์

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติผู้ผลิตจะระบุไว้หลาย ๆ สัญลักษณ์ เพื่อให้เป็นข้อมูลสำหรับผู้ใช้อย่างเช่น โวลต์มิเตอร์ตัวหนึ่งระบุสัญลักษณ์ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 เครื่องมือวัดที่ระบุสัญลักษณ์ต่าง ๆ เรียงกัน

หมายความว่า เป็นโวลต์มิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) ผ่านการทดสอบที่แรงดันไฟฟ้า 2 kV คลาส 1.0 สามารถวัดได้ทั้งแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ เมื่อนำไปใช้งานต้องวางแนวนอน จึงจะอ่านได้ถูกต้อง

1.2 หน่วยการวัดทางไฟฟ้า

หน่วยการวัดทางไฟฟ้าที่ใช้เรียกกันโดยทั่วไป จะเขียนแทนด้วยระบบเลขฐานสิบ (Decimal System) ส่วนค่าเทียบเท่า (ตัวคูณ) จะแทนด้วยเลขยกกำลังเพื่อให้่ายต่อการจดจำ ดังนี้

ตารางที่ 1.2 แสดงชื่อ สัญลักษณ์ และค่าเทียบเท่าของหน่วยการวัดพื้นฐาน

ชื่อ	สัญลักษณ์	ค่าเทียบเท่า	ชื่อ	สัญลักษณ์	ค่าเทียบเท่า
เอกซะ (exa)	E	10^{18}	เดซิ (deci)	d	10^{-1}
เพตะ (peta)	P	10^{15}	เซนติ (centi)	c	10^{-2}
เทระ (tera)	T	10^{12}	มิลลิ (milli)	m	10^{-3}
จิกะ (giga)	G	10^9	ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}
เมกะ (mega)	M	10^6	นาโน (nano)	n	10^{-9}
กิโล (kilo)	k	10^3	พิโก (pico)	p	10^{-12}
เฮกโต (hecto)	h	10^2	เฟมโต (femto)	f	10^{-15}
เดคา (deca)	da	10	อัตโต (atto)	a	10^{-18}

ในบางครั้งอาจมีการเปลี่ยนแปลงหน่วยการวัดเพื่อความเหมาะสมในการคิดคำนวณ ซึ่งไม่ใช่เรื่องยุ่งยาก เพราะจะใช้เกณฑ์ธรรมดาทั่วไป กล่าวคือ เมื่อเปลี่ยนจากหน่วยใหญ่เป็นหน่วยเล็ก ภายหลังที่เปลี่ยนแปลงแล้วตัวเลขจะมากขึ้น (จำนวนเลขศูนย์จะมากขึ้น) และในทางตรงกันข้ามหากเปลี่ยนจากหน่วยเล็กเป็นหน่วยที่ใหญ่กว่า ภายหลังที่เปลี่ยนแปลงแล้วตัวเลขจะเป็นจุดทศนิยม (หรือเป็นเลขยกกำลังที่ตัวชี้กำลังจะเป็นลบ) โดยความสัมพันธ์ระหว่างหน่วย สรุปได้ดังนี้

1. หน่วยของความต้านทาน

$$\begin{aligned}
 1 \text{ M}\Omega &= 1,000,000 \text{ }\Omega &= 1,000 \text{ k}\Omega \\
 1 \text{ k}\Omega &= 1,000 \text{ }\Omega &= 0.001 \text{ M}\Omega &= 10^{-3} \text{ M}\Omega \\
 1 \text{ }\Omega &= 1,000 \text{ m}\Omega &= 1,000,000 \text{ }\mu\Omega &= 10^6 \text{ }\mu\Omega \\
 1 \text{ m}\Omega &= 0.001 \text{ }\Omega &= 10^{-3} \text{ }\Omega \\
 1 \text{ }\mu\Omega &= 0.001 \text{ m}\Omega &= 10^{-3} \text{ m}\Omega &= 10^{-6} \text{ }\Omega
 \end{aligned}$$

2. หน่วยของกระแสไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 1 \text{ kA} &= 1,000 \text{ A} &= 1,000,000 \text{ mA} &= 10^6 \text{ mA} \\
 1 \text{ A} &= 1,000 \text{ mA} &= 1,000,000 \text{ }\mu\text{A} &= 10^6 \text{ }\mu\text{A} \\
 1 \text{ mA} &= 0.001 \text{ A} &= 10^{-3} \text{ A} &= 1,000 \text{ }\mu\text{A} \\
 &= 10^3 \text{ }\mu\text{A} \\
 1 \text{ }\mu\text{A} &= 0.001 \text{ mA} &= 10^{-3} \text{ mA} &= 10^{-6} \text{ A}
 \end{aligned}$$

3. หน่วยของแรงดันไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 1 \text{ kV} &= 1,000 \text{ V} &= 1,000,000 \text{ mV} &= 10^6 \text{ mV} \\
 1 \text{ V} &= 1,000 \text{ mV} &= 1,000,000 \text{ }\mu\text{V} &= 10^6 \text{ }\mu\text{V} \\
 1 \text{ mV} &= 0.001 \text{ V} &= 10^{-3} \text{ V} &= 1,000 \text{ }\mu\text{V} \\
 &= 10^3 \text{ }\mu\text{V} \\
 1 \text{ }\mu\text{V} &= 0.001 \text{ mV} &= 10^{-3} \text{ mV} &= 10^{-6} \text{ V}
 \end{aligned}$$

4. หน่วยของกำลังไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 1 \text{ MW} &= 1,000,000 \text{ W} &= 1,000 \text{ kW} \\
 1 \text{ kW} &= 1,000 \text{ W} &= 0.001 \text{ MW} &= 10^{-3} \text{ MW} \\
 1 \text{ W} &= 1,000 \text{ mW} &= 1,000,000 \text{ }\mu\text{W} &= 10^6 \text{ }\mu\text{W} \\
 1 \text{ mW} &= 0.001 \text{ W} &= 10^{-3} \text{ W} \\
 1 \text{ }\mu\text{W} &= 0.001 \text{ mW} &= 10^{-3} \text{ mW} &= 10^{-6} \text{ W}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเปลี่ยนหน่วยการวัดต่อไปนี้

1. 5.28 Ω เปลี่ยนเป็นหน่วย m Ω และ $\mu\Omega$
2. 47.95 kA เปลี่ยนเป็นหน่วย A และ μA
3. 220 V เปลี่ยนเป็น kV และ mV
4. 10,000 W เปลี่ยนเป็น kW และ MW

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 1. \quad &5.28 \times 1,000 \text{ m}\Omega = 5,280 \text{ m}\Omega \\
 &5.28 \times 1,000,000 \text{ }\mu\Omega = 5,280,000 \text{ }\mu\Omega \\
 2. \quad &47.95 \times 1,000 \text{ A} = 47,950 \text{ A} \\
 &47.95 \times (1,000 \times 1,000,000) \text{ }\mu\text{A} = 47.95 \times 10^9 \text{ }\mu\text{A}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad 220 \times \frac{1}{1,000} \text{ kV} &= 0.22 \text{ kV} \\ 220 \times 1,000 \text{ mV} &= 220,000 \text{ mV} \\ 4. \quad 10,000 \times \frac{1}{1,000} \text{ kW} &= 10 \text{ kW} \\ 10,000 \times \frac{1}{1,000,000} \text{ MW} &= 0.01 \text{ MW} \end{aligned}$$

1.3 ความคลาดเคลื่อนจากการวัด

1.3.1 ความหมายของความคลาดเคลื่อนจากการวัด

ความคลาดเคลื่อน (Error) หรือ **ความผิดพลาด** หมายถึง ปริมาณหรือตัวเลขแสดงความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงของสิ่งที่วัดและค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัด เป็นสิ่งไม่พึงประสงค์ที่จะให้เกิดขึ้นในระหว่างใช้เครื่องมือวัด แต่ก็ไม่อาจหลีกเลี่ยงได้ ดังนั้น จึงถือเป็นเรื่องปกติของการวัด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากขั้นตอนการวัดแบ่งได้ 3 ลักษณะ ดังนี้

1. **ความคลาดเคลื่อนจากผู้ปฏิบัติงาน (Gross Error)** ได้แก่ การอ่านค่าผิดพลาดจากความเป็นจริง การใช้เครื่องมือวัดไม่เหมาะสม การบันทึกข้อมูลหรือการคำนวณผิดพลาด ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้ หรือลดความผิดพลาดให้น้อยลงด้วยการฝึกหัดใช้เครื่องมือวัดให้ถูกต้อง

2. **ความคลาดเคลื่อนเชิงระบบ (Systematic Error)** เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากระบบภายในของเครื่องมือวัด มีสาเหตุดังนี้

2.1 **เครื่องมือวัดคลาดเคลื่อน (Instrumental Error)** เกิดจากโครงสร้างและกลไกภายในของเครื่องมือวัด เช่น การเสียดสีของแบริ่ง (Bearing) การดึงหรือการอ่อนล้าของสปริงกันหอย การปรับแต่งที่ไม่เหมาะสม เป็นต้น ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้หรือลดความผิดพลาดให้น้อยลงด้วยการเลือกใช้เครื่องมือวัดที่เหมาะสมกับงาน การใช้งานอย่างถูกต้อง และการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไม่ให้ถูกกระทบกระเทือน

2.2 **ความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากสิ่งแวดล้อม (Environmental Error)** เกิดจากผลของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ไฟฟ้าสถิต อุณหภูมิที่สูงขึ้น ความกดอากาศ ความชื้น เป็นต้น

3. **ความคลาดเคลื่อนที่ไม่แน่นอน (Random Error)** เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอย่างไม่มีกฎเกณฑ์ที่แน่นอนและคาดไม่ถึง แม้ว่าความคลาดเคลื่อนชนิดนี้จะมีค่าไม่มากนัก แต่ก็มีผลต่อการวัดที่ต้องการความเที่ยงตรงสูง ความคลาดเคลื่อนแบบนี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการวัดและอ่านค่าจากการปฏิบัติซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยอีกครั้ง

1.3.2 การหาค่าความคลาดเคลื่อนจากการวัด

ในการทำความเข้าใจเกี่ยวกับระบบไฟฟ้า เราจะศึกษาว่าปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องมีความสัมพันธ์กันอย่างไรด้วยการปฏิบัติ ซึ่งจะต้องวัดค่าปริมาณไฟฟ้าออกมาว่าปริมาณหนึ่ง ๆ เปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อปริมาณอื่น ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลง โดยจะต้องทำการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวให้ได้หลาย ๆ ค่า และทำในช่วงกว้างที่สุดเท่าที่อุปกรณ์จะทำได้ ดังนั้น ทุกครั้งที่มีการวัดค่าปริมาณไฟฟ้า ค่าที่วัดได้นี้จะมีความคลาดเคลื่อน (Error) เสมอ

เมื่อต้องการทราบค่าปริมาณต่าง ๆ ทางไฟฟ้า จะต้องทำการวัดค่า ซึ่งการวัดด้วยเครื่องมือหรือกระบวนการที่คิดค้นขึ้นจะให้ค่าปริมาณเป็นช่วง ค่าที่แท้จริงของปริมาณนั้นจะอยู่ในช่วงที่วัดได้นี้ เรียกครึ่งหนึ่งของความกว้างของช่วงนี้ว่า **ความคลาดเคลื่อน**

เราประเมินคุณภาพของความคลาดเคลื่อนได้จากความแม่นยำ (Accuracy) และความแน่นอน (Precision) ซึ่งความแม่นยำสูง หมายถึง ค่าที่วัดได้ (วัดมากกว่า 1 ครั้ง) มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกับค่าจริงมากที่สุด ส่วนความแน่นอนสูง หมายถึง ค่าที่วัดได้แต่ละครั้งมีค่าใกล้เคียงกันมาก (ไม่จำเป็นต้องใกล้เคียงค่าจริง) นั่นหมายความว่า การวัดปริมาณไฟฟ้าแต่ละครั้งต้องมีความแม่นยำและแน่นอนสูง

ความคลาดเคลื่อนจากการวัดล้วนมีความเกี่ยวข้องกับตัวเลข กฎทั่วไปสำหรับการปัดตัวเลขพบว่า กรณีที่ตัวเลขด้านหลังน้อยกว่า 5 จะต้องปัดลง ถ้าตัวเลขด้านหลังมีค่ามากกว่า 5 จะต้องปัดขึ้น ถ้าตัวเลขด้านหลังมีค่าเท่ากับ 5 ให้สังเกตเลขคู่กับเลขคี่ที่อยู่หน้าเลข 5 กล่าวคือ ถ้าเป็นเลขคู่อยู่หน้าเลข 5 จะต้องปัดลง แต่ถ้าเป็นเลขคี่อยู่หน้าเลข 5 จะต้องปัดขึ้น

ตัวอย่างที่ 1.2 กรณีที่ต้องการบันทึกเลข 4 ชุดต่อไปนี้ให้มันทศนิยม 2 ตำแหน่ง จะต้องบันทึกอย่างไร

1. 1.234 mW 2. 2.3456 μ V 3. 3.4567 A 4. 69.5752 Ω

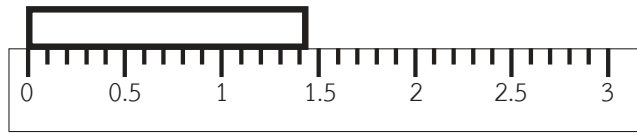
- วิธีทำ**
1. 1.234 mW สังเกต 4 น้อยกว่า 5 ต้องปัดลง นั่นคือ 1.23 mW
 2. 2.3456 μ V สังเกต 5 ตามหลังเลขคู่ (4) ต้องปัดลง นั่นคือ 2.34 μ V
 3. 3.4567 A สังเกต 6 มากกว่า 5 ต้องปัดขึ้น นั่นคือ 3.46 A
 4. 69.5752 Ω สังเกต 5 อยู่หลังเลขคี่ (7) ต้องปัดขึ้น นั่นคือ 69.58 Ω

ตอบ

1.3.3 ประเภทของความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อนแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ ความคลาดเคลื่อนจากการอ่าน (Reading Errors) ความคลาดเคลื่อนจากลักษณะของเครื่องมือวัดหรือวิธีการวัดค่า (Systematic Errors) และความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Errors)

1. ความคลาดเคลื่อนจากการอ่าน เป็นความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ ทั้งผู้ปฏิบัติวัดค่าอาจไม่แม่นยำทางสายตาและข้อจำกัดของอุปกรณ์ ดังนั้น การลดความคลาดเคลื่อนลงจะต้องปรับปรุงอุปกรณ์หรือเลือกใช้อุปกรณ์ที่มีความคลาดเคลื่อนน้อยลง และที่สำคัญผู้ปฏิบัติจำนวน 2 คน อาจคาดคะเนค่าความคลาดเคลื่อนที่แตกต่างกันก็ได้



รูปที่ 1.2 นำไม้บรรทัดวัดความยาววัตถุ

จากรูปที่ 1.2 แสดงการนำไม้บรรทัดมาวัดความยาวของวัตถุ ค่าที่วัดได้มีค่าระหว่าง 1.4 นิ้ว ถึง 1.5 นิ้ว นั่นคือ 1.45 นิ้ว แสดงว่า ค่าจริงของความยาววัตถุนี้จะอยู่ในช่วง 1.44 นิ้ว ถึง 1.46 นิ้ว

$$\begin{aligned}\text{ความคลาดเคลื่อน} &= \pm \left(\frac{1.46 - 1.44}{2} \right) = \pm \left(\frac{0.02}{2} \right) \\ &= \pm 0.01 \text{ นิ้ว}\end{aligned}$$

ในการบันทึกค่าความคลาดเคลื่อน จะต้องบันทึกความคลาดเคลื่อนให้มีจำนวนเลขนัยสำคัญ 1 ตัว จากรูปที่ 1.2 จึงบันทึกผลการวัดความยาวของวัตถุนี้เป็น (1.45 ± 0.01) นิ้ว การบันทึกดังกล่าวเรียกว่า แบบมาตรฐาน (Standard Form)

จากรูปที่ 1.2 ผู้ปฏิบัติบางคนอาจคิดค่าจริงให้อยู่ในช่วง 1.44 นิ้วถึง 1.48 นิ้วได้

$$\begin{aligned}\text{นั่นคือ ความคลาดเคลื่อน} &= \pm \left(\frac{1.48 - 1.44}{2} \right) = \pm \left(\frac{0.04}{2} \right) \\ &= \pm 0.02 \text{ นิ้ว}\end{aligned}$$

$$\text{ดังนั้น แบบมาตรฐาน คือ } \left(\frac{1.44 + 1.48}{2} \pm 0.02 \right) \text{ นิ้ว}$$

แบบมาตรฐานเท่ากับ (1.46 ± 0.02) นิ้ว

ตัวอย่างที่ 1.3 ดิซีโวลต์มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ มีค่าเท่ากับ 12.60 V จงหาค่าจริง ค่าตรงกึ่งกลาง ประเมินความคลาดเคลื่อนและบันทึกเป็นแบบมาตรฐาน

วิธีทำ ค่าที่แสดงของดิซีโวลต์มิเตอร์ เท่ากับ 12.60 V

- ค่าจริงมีค่าระหว่าง 12.55 V ถึง 12.65 V
- ค่าตรงกึ่งกลาง เท่ากับ 12.60 V
- ประมาณความคลาดเคลื่อน คือ $\frac{1}{2} \times (12.65 - 12.55) = \pm \left(\frac{1}{2} \times 0.1 \right) = 0.05 \text{ V}$
- บันทึกแบบมาตรฐานได้ $(12.6 \pm 0.05) \text{ V}$

2. ความคลาดเคลื่อนจากลักษณะของเครื่องมือวัดหรือวิธีการวัดค่า เป็นความคลาดเคลื่อนที่มีผลต่อความแม่นยำในการวัด สาเหตุของความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ คือ การเทียบมาตรฐานของเครื่องมือวัด ก่อนที่จะวัดค่าเกิดความผิดพลาดขึ้น (หรือการตั้งค่าศูนย์ที่ผิดพลาด) ทำให้เมื่อทำการวัด ผลที่วัดได้จะผิดพลาดเป็นปริมาณเท่า ๆ เดิม (หรือมีรูปแบบ/ลักษณะเฉพาะอื่น ๆ) เราสามารถลดความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ลงได้ โดยเทียบมาตรฐานก่อนทำการวัดที่ถูกต้องหรือปรับปรุงเทคนิคในการปฏิบัติ

ความคลาดเคลื่อนจากลักษณะของเครื่องมือวัดหรือวิธีการวัดค่านี้ มีลักษณะเฉพาะ คือ จะไม่สามารถลดความคลาดเคลื่อนประเภทนี้ลงได้ด้วยการวัดค่าหลาย ๆ ครั้ง เช่น มัลติมิเตอร์แบบเข็มชี้ ถ้าไม่ตั้งศูนย์ของเข็มชี้บนหน้าปัดมิเตอร์ก่อนที่จะวัดค่า เมื่ออ่านค่าปริมาณไฟฟ้าบนหน้าปัดมิเตอร์จึงไม่ใช่ค่าจริง

3. ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม เป็นความคลาดเคลื่อนที่ไร้รูปแบบ เกิดจากการผันแปรบางอย่างในระหว่างการวัดซึ่งไม่สามารถควบคุมหรือคาดเดาได้ เช่น การจับเวลาของคาบการกวัดแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกาด้วยนาฬิกาจับเวลา อาจวัดค่าคาบเวลาได้ไม่เท่ากันในการวัด 2 ครั้ง ซึ่งสามารถลดความคลาดเคลื่อนแบบสุ่มลงได้โดยการวัดค่าหลาย ๆ ครั้ง จึงจะได้ค่าที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุด

เมื่อวัดค่าปริมาณไฟฟ้าเกิน 1 ครั้ง ค่าที่เป็นตัวแทนการวัด คือ ค่าเฉลี่ย (Average) เช่น ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้ารวมในวงจรของวงจรอนุกรมของตัวต้านทานโดยวัด 3 ครั้ง ได้แก่ 9 mA, 10 mA และ 11 mA

$$\text{จะได้ค่าเฉลี่ย} = \frac{9 \text{ mA} + 10 \text{ mA} + 11 \text{ mA}}{3} = 10 \text{ mA}$$

1.3.4 เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อน หมายถึง ค่าที่วัดได้ไม่เท่ากับค่ามาตรฐาน ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนทางบวกจะทำให้ค่าที่วัดได้มากกว่าค่ามาตรฐาน ส่วนค่าความคลาดเคลื่อนทางลบจะทำให้ค่าที่วัดได้น้อยกว่าค่ามาตรฐาน

ค่าความคลาดเคลื่อน = ค่าที่วัดได้จากการปฏิบัติ - ค่าจริง

เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน (Percentage of Error) จึงเป็นการเปรียบเทียบค่าที่เชื่อถือได้จริง คือ ค่าที่ได้จากตารางค่าที่กำหนดให้ในการปฏิบัตินั้น

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน} = \left(\frac{\text{ค่าความคลาดเคลื่อน}}{\text{ค่าจริง}} \right) \times 100\%$$

กรณีที่ค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนเป็นบวก แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้มีค่ามากกว่าค่าจริง แต่ถ้าค่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนเป็นลบ แสดงให้เห็นว่าค่าที่ได้มีค่าน้อยกว่าค่าจริง

กำหนดให้ ค่าแรงดันไฟฟ้าจริงเท่ากับ 5 V ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากการปฏิบัติเท่ากับ 4.8 V

$$\begin{aligned} \text{จะได้ค่าความคลาดเคลื่อน} &= \text{ค่าที่ได้จากการปฏิบัติ} - \text{ค่าจริง} = 4.8 - 5 \\ &= -0.2 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{เปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อน} &= \left(\frac{\text{ค่าความคลาดเคลื่อน}}{\text{ค่าจริง}} \right) \times 100\% \\ &= -\left(\frac{0.2}{5} \right) \times 100\% \\ &= -4\% \end{aligned}$$

แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ของความคลาดเคลื่อนเป็นลบ กล่าวคือ ค่าที่วัดได้มีค่าน้อยกว่าค่าจริง และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 4%

1.4 คำศัพท์และฟังก์ชัน

ความถูกต้อง (Accuracy) หมายถึง ค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัดใกล้เคียงกับค่าจริงมากเพียงใด โดยจะบอกเป็นเปอร์เซ็นต์ของค่าเต็มสเกล (Full Scale) ตัวอย่างเช่น โวลต์มิเตอร์ มีสเกลอ่านได้สูงสุด 10 V และระบุความถูกต้องเท่ากับ $\pm 1\%$ หมายความว่า จะมีโอกาสผิดพลาดเท่ากับ ± 0.1 V (ตลอดย่านการวัด) นอกจากนี้ความถูกต้องอาจเรียกเป็นเปอร์เซ็นต์ของปริมาณที่วัด เช่น $\pm 3\%$ หมายความว่า ค่าที่ระบุไว้ในเครื่องมือวัดเป็นเพียงการประกันว่าจะมีค่าอยู่ระหว่าง $\pm 3\%$ ของค่าจริง ดังนั้น ถ้าเครื่องมือวัดชี้ค่าที่ 10 A ค่าจริงจะอยู่ระหว่าง $\pm 3\%$ ของ 10 A หรือเท่ากับ ± 0.3 A

ความเที่ยงตรง (Precision) เป็นการอธิบายถึงผลที่เกิดจากการวัด หมายถึง ค่าที่วัดได้แต่ละครั้ง ใกล้เคียงกันมากเพียงใด เมื่อทำการวัดตัวแปรอันเดียวกันซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง ความเที่ยงตรงจะเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องมือวัด ดังนั้น เครื่องมือวัดที่มีความเที่ยงตรงสูง ผลการวัดแต่ละครั้ง จะแตกต่างกันน้อย

ความไว (Sensitivity) ความไวในการวัด หมายถึง ความสามารถในการตอบสนองสัญญาณที่ป้อนเข้าไป เครื่องมือวัดที่มีความไวสูงจึงมีประสิทธิภาพ (Efficiency) ดีกว่าและราคาก็แพงกว่าด้วย ความไวจะมีค่าเป็นส่วนกลับของกระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มชี้เบี่ยงเบนเต็มสเกล (Full Scale Current ; I_{FS}) มีหน่วยเป็นโอห์มต่อโวลต์ (Ω/V)

$$\text{ความไว} = \frac{1}{I_{FS}} (\Omega/V) \quad \dots\dots\dots (1.1)$$

และเมื่อทราบค่าความไวก็จะสามารถคำนวณหาค่าความต้านทานภายใน (Internal Resistance) ของเครื่องมือวัดย่านการวัดใด ๆ ได้ ดังนี้

$$\begin{aligned} R_T &= \text{แรงดันไฟฟ้าเต็มสเกล} \times \text{ความไว} \quad \dots\dots\dots (1.2) \\ \text{เมื่อ } R_T &= \text{ความต้านทานภายในของแต่ละย่านการวัด} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 1.4 มิเตอร์มูฟเมนต์เครื่องหนึ่ง เข็มชี้จะเบี่ยงเบนเต็มสเกลพอดี ถ้าหากมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 50 μA

1. จงคำนวณหาความไวของมิเตอร์
2. ถ้ามีย่านการวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 100 V_{dc} จะมีค่าความต้านทานภายในเท่าไร

วิธีทำ

$$\begin{aligned} 1. \text{ ความไว} &= \frac{1}{I_{FS}} \\ &= \frac{1}{50 \times 10^{-6} \text{ A}} = 20 \text{ k}\Omega/V \\ 2. R_T &= \text{แรงดันไฟฟ้าเต็มสเกล} \times \text{ความไว} \\ &= 100 \times 20 \times 10^3 = 2,000 \times 10^3 \Omega = 2 \text{ M}\Omega \end{aligned}$$

นั่นคือ ที่ย่านวัด 100 V_{dc} จะมีค่าความต้านทานภายใน 2 M Ω

ตอบ

ความสามารถแยกแยะ (Resolution) หมายถึง ความสามารถของเครื่องมือวัดที่รับรู้ถึงสถานะการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรที่กำลังวัดในขณะนั้น ตัวอย่างเช่น สเกล 100 V ของเครื่องมือวัดแบบแอนะล็อก (Analog Instrument) สามารถระบุความเที่ยงตรงได้เท่ากับ 10 mV หมายความว่า ค่าแรงดันไฟฟ้าที่เปลี่ยนไปต่ำสุดเพียงแค่ 10 mV เครื่องมือวัดก็สามารถแยกแยะและรับรู้ถึงการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวได้

ความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ค่าที่ผิดพลาดหรือเบี่ยงเบน (Deviation) ไปจากค่าที่ถูกต้องตามความเป็นจริง

ย่านการวัด (Range) หมายถึง ย่านวัดหรือขอบเขตที่สามารถอ่านค่าวัดได้

อิมพีแดนซ์อินพุต (Input Impedance) หมายถึง อิมพีแดนซ์ที่อยู่ระหว่างขั้วอินพุตในเครื่องมือวัดซึ่งมีความสำคัญมากในเรื่องผลกระทบจากการโหลด เครื่องมือวัดที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์ต่ำจะทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการโหลด ดังนั้น การใช้เครื่องมือวัดที่มีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงกว่าจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่สุด เครื่องมือวัดที่ใช้ไฟฟ้ากระแสตรงได้นั้น บางครั้งจะเรียกว่า **อินพุตริซิสแตนซ์ (Input Resistance)**

การปรับเทียบ (Calibrated) หมายถึง การพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างค่าปริมาณที่วัดกับตำแหน่งที่สัมพันธ์กันของดัชนีในเครื่องมือวัด

เวลาตอบสนอง (Response Time) หมายถึง ระยะเวลาช่วงหนึ่งที่ใช้ไป เมื่อปริมาณที่วัดนั้นเปลี่ยนไปก่อนที่เครื่องมือวัดจะตอบสนองอย่างเต็มที่กับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

เครื่องมือวัดแบบชี้ค่า (Indicating Instrument) หมายถึง เครื่องมือวัดที่ระบุค่าที่วัดได้โดยอาศัยการชี้ค่าของเข็มชี้บนสเกล

เครื่องมือวัดแบบดิจิทัล (Digital Instrument) หมายถึง เครื่องมือวัดที่ระบุค่าที่วัดได้เป็นตัวเลข

การโหลด (Loading) หมายถึง เครื่องมือวัดกลายเป็นโหลดของวงจรที่กำลังวัด ทำให้ผลการวัดคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

1.5 คลาสของเครื่องมือวัดไฟฟ้า

คลาส (Class) ของเครื่องมือวัดที่ระบุไว้บนหน้าปัดจะบ่งบอกถึงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการวัดแต่ละย่านการวัด เช่น โวลต์มิเตอร์ class 2.5 หมายความว่า ความผิดพลาดที่จุดสูงสุดของสเกลมีค่า $\pm 2.5\%$ เครื่องมือวัดที่มีคลาสดำ ๆ จะมีคุณภาพดีกว่าเมื่อนำไปวัดค่าใด ๆ จะเกิดความผิดพลาดน้อยกว่า เครื่องมือวัดที่มีคลาสสูง ๆ และถ้านำคลาสดูกับย่านการวัดใด ๆ จะได้ค่าความผิดพลาดในย่านการวัดนั้น ๆ

$$\text{ความผิดพลาดที่ย่านการวัดใด ๆ} = \frac{\text{คลาส}}{100} \times \text{ย่านวัด} \quad \dots\dots\dots (1.3)$$

ตัวอย่างที่ 1.5 โวลต์มิเตอร์คลาส 1.0 มีย่านการวัด 2 ย่าน คือ ย่าน 100 V และ 500 V เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ดังกล่าวไปวัดแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าซึ่งมีค่าเท่ากับ 100 V จงคำนวณหาขนาดที่เข็มชี้จะแสดงค่า

วิธีทำ 1. เมื่อใช้ย่านวัด 100 V

$$\begin{aligned}\text{ความผิดพลาดที่ย่าน 100 V} &= \frac{\text{คลาส}}{100} \times \text{ย่านวัด} \\ &= \frac{\pm 1}{100} \times 100 \text{ V} \\ &= \pm 1\% \text{ ของแรงดันไฟฟ้า 100 V} = \pm 1.0 \text{ V}\end{aligned}$$

นั่นคือ ขนาดที่เข็มชี้จะแสดงค่าอยู่ระหว่าง 100 V $\pm$ 1.0 V

หรือมีค่าอยู่ระหว่าง 99 V - 101 V

2. เมื่อใช้ย่านวัด 500 V

$$\begin{aligned}\text{ความผิดพลาดที่ย่านวัด 500 V} &= \frac{\pm 1}{100} \times 500 \text{ V} = \pm 5\% \text{ ของแรงดันไฟฟ้า} \\ &= \pm 5.0 \text{ V}\end{aligned}$$

นั่นคือ ขนาดที่เข็มชี้จะแสดงค่าอยู่ระหว่าง 100 V $\pm$ 5.0 V

หรือมีค่าอยู่ระหว่าง 95 V - 105 V

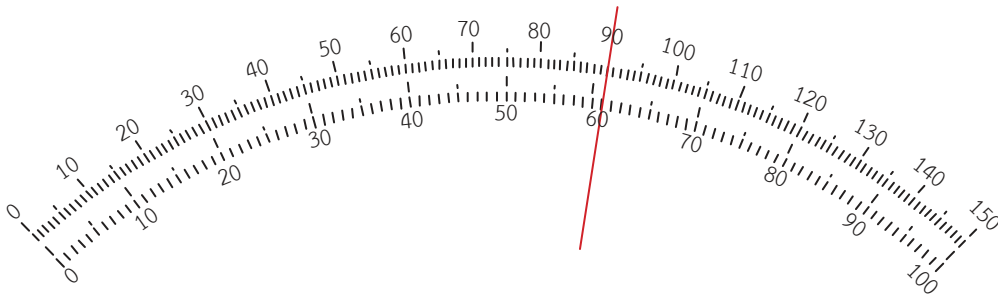
1.6 การอ่านค่าของเครื่องมือวัดไฟฟ้า

เครื่องมือวัดแต่ละชนิดจะมีโครงสร้าง และหลักการทำงานที่แตกต่างกัน การแบ่งจำนวนช่องสเกล จึงมีทั้งแบบเชิงเส้นหรือที่เรียกว่า **แบบลิเนียร์ (Linear Scale)** เช่น แอมป์มิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ ฯลฯ และ **แบบไม่เชิงเส้น** หรือ **แบบไม่ลิเนียร์ (Non-linear Scale)** เช่น โอห์มมิเตอร์ สเกลแบบลิเนียร์ หมายถึง ระยะห่างระหว่างช่องแต่ละช่องสเกลจะมีค่าเท่ากันตลอด ส่วนแบบไม่ลิเนียร์จะมีระยะห่างไม่เท่ากัน ในบางช่วง วิธีการอ่านค่าจากสเกลของแรงดันไฟฟ้า มีดังนี้

1. ตรวจสอบว่าใช้ย่านการวัดใด เช่น ย่าน 30 V หรือ 75 V หรือ 150 V
2. เข็มชี้ต้องเบี่ยงเบนอยู่ภายในสเกลหน้าปัด ถ้าเข็มชี้เบี่ยงเบนเกินสเกลไปทางขวามือ ต้องเปลี่ยน ย่านวัดให้สูงขึ้นจนสามารถอ่านค่าได้ หมายถึง เข็มหยุดนิ่งภายในสเกลหน้าปัด
3. กำหนดสเกลที่จะอ่านและนับจำนวนช่องตรงตำแหน่งที่เข็มชี้ จากนั้นคำนวณดังนี้

$$\text{ค่าที่อ่านได้} = \frac{\text{จำนวนช่องที่นับได้}}{\text{จำนวนช่องเต็มสเกล}} \times \text{ย่านการวัด} \quad \dots\dots\dots (1.4)$$

สมมติว่าตั้งย่านการวัด 300 V จากรูปที่ 1.3 มีสเกลให้เลือก 2 สเกล คือ สเกล 0 - 150 และสเกล 0 - 100 ในทางปฏิบัติจะเลือกอ่านจากสเกลใดก็ได้ หากมีหลายสเกลควรเลือกใช้สเกลที่คำนวณง่ายที่สุด ในที่นี้จะแสดงวิธีการคำนวณทั้ง 2 กรณี เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น



รูปที่ 1.3 การอ่านค่าจากสเกลโวลต์มิเตอร์

กรณีที่ 1 เลือกอ่านจากสเกล 0 - 150 จากรูปเข็มชี้ที่ 90 จากสมการที่ 1.4 จะได้

$$\begin{aligned}\text{ค่าที่อ่านได้} &= \frac{\text{จำนวนช่องที่นับได้}}{\text{จำนวนช่องเต็มสเกล}} \times \text{ย่านวัด} \\ &= \frac{90}{150} \times 300 = 180 \text{ V}\end{aligned}$$

กรณีที่ 2 เลือกอ่านจากสเกล 0 - 100 จากรูปเข็มชี้ที่ 60 จากสมการที่ 1.4 จะได้

$$\text{ค่าที่อ่านได้} = \frac{60}{100} \times 300 = 180 \text{ V}$$

จากการคำนวณจะเห็นได้ว่า ทั้ง 2 กรณีได้ผลลัพธ์เท่ากัน หากผลลัพธ์ไม่เท่ากันแสดงว่าคำนวณผิดหรือไม่เข้าใจวิธีการอ่าน

1.7 การบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

เครื่องมือวัดทางไฟฟ้าเกือบทุกชนิดจะบอบบาง และมีความไวต่อสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้ ดังนั้นเพื่อให้เครื่องมือวัดสามารถวัดได้อย่างถูกต้องและเที่ยงตรง ผู้ใช้จึงเป็นบุคคลสำคัญที่สุดที่จะต้องรู้จักดูแลรักษาก่อนการใช้งาน ระวังระดับแรงระหว่างที่ใช้งาน ตลอดจนวิธีการเก็บรักษาเมื่อใช้งานเสร็จแล้ว เพื่อประสิทธิภาพการใช้งานและยืดอายุการใช้งานของเครื่องมือวัด วิธีการรักษาทั่วไป มีดังนี้

1. จัดเก็บเครื่องมือวัดตามประเภทของเครื่องมือวัด และให้เป็นระเบียบง่ายต่อการดูแล
2. จัดเก็บคู่มือการใช้งาน (Manual User) ให้ครบตามชนิดและจำนวน เพื่อสะดวกต่อการค้นหา
3. ดูแลบำรุงรักษาเครื่องมือวัดให้อยู่ในสภาพใช้งานได้ตลอดเวลา ได้แก่ การตรวจสอบสภาพภายนอกทั่วไป เช่น ฝาครอบ สกรูต่าง ๆ หลักรต่อสาย สายวัด ตลอดจนอุปกรณ์ประกอบอื่น ๆ ที่ต้องใช้คู่กัน รวมถึงการบำรุงรักษาตามคู่มือของบริษัทผู้ผลิต
4. จัดเก็บไว้ในตู้ที่สะอาด มีการป้องกันฝุ่นละออง ความร้อน แสงแดด และความชื้น
5. ควรมีการปรับเทียบ (Calibrated) เครื่องมือวัดที่ผ่านการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ๆ