

เครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

(Electrical and Electronic Instruments)



วีรธรรม ไชยยงค์
ไพนธ์ ศรีธัญ

120.-

เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Instruments)

กลุ่มอาชีพพลังงาน ไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์

ISBN 978-616-495-339-0

QR code e-book 4 สี

ฟรี

เรียบเรียงโดย

วีรธรรม ไชยวงศ์

ไวพจน์ ศรีธัญ

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย...



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

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2569 จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม



บริษัท วังอักษร จำกัด ขอสงวนลิขสิทธิ์

ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2537

และพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์เพิ่มเติม พ.ศ. 2565

ห้ามมิให้ทำการคัดลอก ดัดแปลง แก้ไขเนื้อหา

หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชนไม่ว่ารูปแบบใด

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นลิขสิทธิ์โดยขอด้วยกฎหมาย ของเจ้าของแต่ละราย

บริษัทฯ มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



กำหนดการจัดการเรียนรู้ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
1	บทเรียนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์	ใบกิจกรรมที่ 1.1 งานเขียนสัญลักษณ์ของ เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ใบงานที่ 1.2 ทดสอบการหาค่าความต้านทาน ภายในของขดลวดเคลื่อนที่	1	3	4
2	บทเรียนที่ 2 ดีซี โวลต์มิเตอร์	ใบงานที่ 2.1 ทดสอบหลักการทำงานพื้นฐาน ของดีซี โวลต์มิเตอร์ ใบงานที่ 2.2 ทดสอบการใช้งานดีซี โวลต์ มิเตอร์	1	3	4
3-4	บทเรียนที่ 3 ดีซี แอมมิเตอร์	ใบงานที่ 3.1 ทดสอบหลักการทำงานพื้นฐาน ของดีซี แอมมิเตอร์ ใบงานที่ 3.2 ทดสอบการใช้งานดีซี แอมมิเตอร์	2	6	8
5-6	บทเรียนที่ 4 โอห์มมิเตอร์	ใบงานที่ 4.1 ทดสอบหลักการทำงานพื้นฐาน ของโอห์มมิเตอร์ ใบงานที่ 4.2 ทดสอบการใช้โอห์มมิเตอร์ ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าดีหรือเสีย	2	6	8
7	บทเรียนที่ 5 มิเตอร์วัดไฟฟ้ากระแสสลับ	ใบงานที่ 5.1 ทดสอบการนำเอซี โวลต์ มิเตอร์และแคลมป์มิเตอร์ไปทดสอบใน วงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ใบงานที่ 5.2 ทดสอบวงจรขยายย่านการวัด เอซี โวลต์มิเตอร์	1	3	4
8-9	บทเรียนที่ 6 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	ใบงานที่ 6.1 ทดสอบมัลติมิเตอร์แบบเข็ม เพื่อใช้วัดค่าความต้านทาน ใบงานที่ 6.2 ทดสอบมัลติมิเตอร์แบบเข็ม เพื่อใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	2	6	8



ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	ทฤษฎี	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
10-11	บทเรียนที่ 7 ดิจิทัลมัลติมิเตอร์	ใบงานที่ 7.1 ทดสอบดิจิทัลมัลติมิเตอร์ เพื่อใช้วัดค่าความต้านทาน ใบงานที่ 7.2 ทดสอบดิจิทัลมัลติมิเตอร์ เพื่อใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	2	6	8
12-13	บทเรียนที่ 8 วัตต์มิเตอร์ กิโลวัตต์ฮาร์มิเตอร์ วาร์มิเตอร์ และเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์	ใบงานที่ 8.1 ทดสอบการใช้งานวัตต์มิเตอร์ ใบงานที่ 8.2 ทดสอบการใช้งานเพาเวอร์ แฟกเตอร์มิเตอร์	2	6	8
14	บทเรียนที่ 9 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้า และออสซิลโลสโคป	ใบงานที่ 9.1 ทดสอบปุ่มใช้งานด้านหน้า เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าและ ออสซิลโลสโคป ใบงานที่ 9.2 ทดสอบเครื่องกำเนิดสัญญาณ ความถี่เสียงในวงจรออสซิลโลสโคป	1	3	4
15-16	บทเรียนที่ 10 ออสซิลโลสโคป	ใบงานที่ 10.1 ทดสอบการใช้งานออสซิลโลสโคป และเครื่องกำเนิดสัญญาณ ใบงานที่ 10.2 ทดสอบสัญญาณไฟฟ้าของ วงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	2	6	8
17	บทเรียนที่ 11 การบำรุงรักษาเบื้องต้นของเครื่องมือ วัดไฟฟ้าและออสซิลโลสโคป	ใบกิจกรรมที่ 11.1 การบำรุงรักษาเบื้องต้น ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและออสซิลโลสโคป	1	3	4
18	ประเมินผลสัมฤทธิ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		1	3	4
	รวม		18	54	72



คำนำ

บริษัท วังอักษร จำกัด ได้จัดทำหนังสือวิชา **เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Electrical and Electronic Instruments)** เพื่อใช้บูรณาการและประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตร อาชีวศึกษา (สอศ.) หลักสูตรส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) หลักสูตรอุดมศึกษา ผู้สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้และทักษะ

หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ ใบกิจกรรม ใบงาน แบบฝึกหัด แบบทดสอบคู่ขนาน มีจุดประสงค์ในการยกระดับผู้เรียนให้เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะ ประสิทธิภาพ และการประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยในการทำงาน เพื่อสร้างสมรรถนะตามความต้องการของสถานประกอบการ เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 11 บทเรียน คือ **บทเรียนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ บทเรียนที่ 2 ดีซี โวลต์มิเตอร์ บทเรียนที่ 3 ดีซี แอมมิเตอร์ บทเรียนที่ 4 โอห์มมิเตอร์ บทเรียนที่ 5 มิเตอร์วัดไฟฟ้ากระแสสลับ บทเรียนที่ 6 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม บทเรียนที่ 7 ดิจิทัล มัลติมิเตอร์ บทเรียนที่ 8 วัตต์มิเตอร์ กิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ วาร์มิเตอร์ และเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ บทเรียนที่ 9 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ บทเรียนที่ 10 ออสซิลโลสโคป และ บทเรียนที่ 11 การบำรุงรักษาเบื้องต้นของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์**

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาที่ทันสมัย ตามแผนการพัฒนาศึกษาด้านวิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์ชาติและแผนการศึกษาแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้และสมรรถนะตามมาตรฐาน อาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ อาชีพผู้สอบเทียบเครื่องมือวัดด้านไฟฟ้า TAA-MAT-2-001ZA, TAA-MAT-2-002ZA, TAA-MAT-2-003ZA, TAA-MAT-2-004ZA ระดับ 2

**วีรธรรม ไชยวงศ์
ไวพจน์ ศรีธัญ**



สารบัญ

บทเรียนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	1
1.1 ขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล	2
1.2 ขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์	3
1.3 ขดลวดเคลื่อนที่แบบใบพัดเหล็ก	4
1.4 ขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิล	5
1.5 สัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	5
1.6 ความคลาดเคลื่อน	8
1.7 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน ความถูกต้อง และความเที่ยงตรง	8
1.8 คลาสของเครื่องมือวัด	11
1.9 ความไวของเครื่องมือวัด	13
ใบกิจกรรมที่ 1.1 งานเขียนสัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	17
ใบงานที่ 1.2 ทดสอบการหาค่าความต้านทานภายในของขดลวดเคลื่อนที่แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 1	21
	24
บทเรียนที่ 2 ดีซี โวลต์มิเตอร์	26
2.1 โครงสร้างพื้นฐานของดีซี โวลต์มิเตอร์	27
2.2 การออกแบบวงจรดีซี โวลต์มิเตอร์	28
2.3 การขยายย่านการวัดของดีซีโวลต์มิเตอร์	30
2.4 การใช้งานของดีซี โวลต์มิเตอร์	33
2.5 ข้อควรระวังในการใช้งานดีซี โวลต์มิเตอร์	35
ใบงานที่ 2.1 ทดสอบหลักการทำงานพื้นฐานของดีซี โวลต์มิเตอร์	37
ใบงานที่ 2.2 ทดสอบการใช้งานดีซี โวลต์มิเตอร์	40
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2	43
บทเรียนที่ 3 ดีซี แอมมิเตอร์	46
3.1 โครงสร้างพื้นฐานของดีซี แอมมิเตอร์	47
3.2 การออกแบบวงจรดีซี แอมมิเตอร์	48
3.3 การขยายย่านการวัดของดีซี แอมมิเตอร์	50
3.4 การใช้งานของดีซี แอมมิเตอร์	55
3.5 สเกลและการอ่านค่าของดีซี แอมมิเตอร์	56
3.6 ข้อควรระวังในการใช้งานของดีซี แอมมิเตอร์	58



ใบงานที่ 3.1 ทดสอบหลักการทำงานพื้นฐานของดีซีแอมมิเตอร์	60
ใบงานที่ 3.2 ทดสอบการใช้งานดีซี แอมมิเตอร์	63
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 3	66
บทเรียนที่ 4 โอห์มมิเตอร์	69
4.1 โอห์มมิเตอร์เบื้องต้น	70
4.2 ประเภทของโอห์มมิเตอร์	71
4.3 วิธีการใช้งานของโอห์มมิเตอร์	72
4.4 การอ่านค่าความต้านทานจากโอห์มมิเตอร์	73
4.5 ข้อควรระวังในการใช้โอห์มมิเตอร์	75
ใบงานที่ 4.1 ทดสอบหลักการทำงานพื้นฐานของโอห์มมิเตอร์	77
ใบงานที่ 4.2 ทดสอบการใช้โอห์มมิเตอร์ตรวจสอบอุปกรณ์ไฟฟ้าว่าดีหรือเสีย	81
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 4	85
บทเรียนที่ 5 มิเตอร์วัดไฟฟ้ากระแสสลับ	88
5.1 โครงสร้างพื้นฐานของมิเตอร์ที่ใช้วัดไฟฟ้ากระแสสลับ	89
5.2 เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น	91
5.3 วงจรพื้นฐานของเอซี โวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าครึ่งคลื่น	94
5.4 เครื่องมือวัดไฟฟ้ากระแสสลับแบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นชนิดบริดจ์	96
5.5 วงจรพื้นฐานของเอซี โวลต์มิเตอร์แบบเรียงกระแสไฟฟ้าเต็มคลื่นชนิดบริดจ์	97
5.6 สเกลหน้าปัดของเอซี โวลต์มิเตอร์	99
5.7 การอ่านค่าสเกลบนหน้าปัดของเอซี โวลต์มิเตอร์	99
5.8 แคลมป์มิเตอร์	100
ใบงานที่ 5.1 ทดสอบการนำเอซี โวลต์มิเตอร์ และแคลมป์มิเตอร์ไปทดสอบ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ	103
ใบงานที่ 5.2 ทดสอบวงจรขยายย่านการวัดเอซี โวลต์มิเตอร์	107
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 5	110
บทเรียนที่ 6 มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	113
6.1 ความหมายของมัลติมิเตอร์	114
6.2 ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบเข็ม	114
6.3 ส่วนประกอบของสเกลบนหน้าปัดของมัลติมิเตอร์แบบเข็ม	116
6.4 ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์แบบเข็ม	118
6.5 การใช้งานมัลติมิเตอร์แบบเข็ม	119
6.6 ข้อควรระวังในการใช้มัลติมิเตอร์แบบเข็ม	120



ใบงานที่ 6.1 ทดสอบมัลติมิเตอร์แบบเข็มเพื่อใช้วัดค่าความต้านทาน	123
ใบงานที่ 6.2 ทดสอบมัลติมิเตอร์แบบเข็มเพื่อใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	126
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 6	130
บทเรียนที่ 7 ดิจิทัลมัลติมิเตอร์	132
7.1 ความหมายของดิจิทัลมัลติมิเตอร์	133
7.2 ส่วนประกอบของดิจิทัลมัลติมิเตอร์	133
7.3 การใช้งานดิจิทัลมัลติมิเตอร์	135
7.4 ข้อควรระวังในการใช้ดิจิทัลมัลติมิเตอร์	137
ใบงานที่ 7.1 ทดสอบดิจิทัลมัลติมิเตอร์เพื่อใช้วัดค่าความต้านทาน	139
ใบงานที่ 7.2 ทดสอบดิจิทัลมัลติมิเตอร์เพื่อใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า	143
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 7	147
บทเรียนที่ 8 วัดต์มิเตอร์ กิโลวัตต์ฮาร์มิเตอร์ วาร์มิเตอร์ และเพาเวอร์ แฟกเตอร์มิเตอร์	150
8.1 วัดต์มิเตอร์	151
8.2 กิโลวัตต์ฮาร์มิเตอร์	155
8.3 วาร์มิเตอร์	156
8.4 เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์	157
ใบงานที่ 8.1 ทดสอบการใช้งานวัดต์มิเตอร์	160
ใบงานที่ 8.2 ทดสอบการใช้งานเพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์	163
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 8	166
บทเรียนที่ 9 เครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	168
9.1 ความรู้พื้นฐานของสัญญาณไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	169
9.2 เครื่องกำเนิดสัญญาณแบบหลายรูปคลื่น	170
9.3 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียง	170
9.4 เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์	171
9.5 เครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่วิทยุ	172
9.6 เครื่องกำเนิดสัญญาณกวาด	173
9.7 ประโยชน์และข้อควรระวังในการใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณ	174
ใบงานที่ 9.1 ทดสอบปฏิกิริยาใช้งานด้านหน้าเครื่องกำเนิดสัญญาณไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	176
ใบงานที่ 9.2 ทดสอบเครื่องกำเนิดสัญญาณความถี่เสียงในวงจรอิเล็กทรอนิกส์	179
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 9	181



บทเรียนที่ 10 ออสซิลโลสโคป

183

10.1 ความหมายของออสซิลโลสโคป	185
10.2 โครงสร้างของออสซิลโลสโคป	185
10.3 หลอดภาพแคโทดเรย์	187
10.4 ชุดป้อนอิเล็กทรอนิกส์	188
10.5 ชุดแผ่นเบี่ยงเบน	188
10.6 ความเข้มของแสง	189
10.7 ระบบเบี่ยงเบนแนวตั้ง	189
10.8 สายวัดหรือโพรบ	190
10.9 สวิตช์เลือกสัญญาณอินพุต	192
10.10 ภาคลดทอนสัญญาณ	193
10.11 ภาควิเคราะห์สัญญาณแนวตั้ง	193
10.12 วงจรหน่วงเวลา	194
10.13 ปุ่มและหน้าที่ของออสซิลโลสโคป	194
10.14 การวัดแรงดันไฟฟ้า คาบเวลาและความถี่จากออสซิลโลสโคป	198
10.15 ข้อควรระวังในการใช้ออสซิลโลสโคป	201
ใบงานที่ 10.1 ทดสอบการใช้งานออสซิลโลสโคปและเครื่องกำเนิดสัญญาณ	204
ใบงานที่ 10.2 ทดสอบสัญญาณไฟฟ้าของวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าแบบครึ่งคลื่น	208
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 10	212

บทเรียนที่ 11 การบำรุงรักษาเบื้องต้นของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

214

11.1 การดูแลและบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	215
11.2 การซ่อมบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์อย่างมีแบบแผน	219
11.3 เครื่องมือที่สนับสนุนการซ่อมบำรุงเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	223
ใบกิจกรรมที่ 11.1 การบำรุงรักษาเบื้องต้นของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์	226
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 11	229

คำศัพท์

231

บรรณานุกรม

236

บทเรียนที่ 1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องมือวัดไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์



สแกนดู E-book 4 สี

หัวข้อหลัก

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1.1 ขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล | 1.6 ความคลาดเคลื่อน |
| 1.2 ขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ | 1.7 เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน |
| 1.3 ขดลวดเคลื่อนที่แบบไบพัตเหล็ก | ความถูกต้อง และความเที่ยงตรง |
| 1.4 ขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิล | 1.8 คลาสของเครื่องมือวัด |
| 1.5 สัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ | 1.9 ความไวของเครื่องมือวัด |

แนวคิดหลัก

ในการเรียนรู้งานช่างไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จะมีตัวแปรไฟฟ้าที่สำคัญ 3 ส่วน ประกอบด้วย แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน ตัวแปรทั้งสามดังกล่าวไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า จึงจำเป็นต้องมีผู้ช่วยคือเครื่องมือวัดทางด้านไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เรียกว่า **มิเตอร์** มาทำงานร่วมกับ ผู้ปฏิบัติงานทำให้การคำนวณ วิเคราะห์ ออกแบบ ทดสอบและตรวจซ่อมงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ถูกต้อง รวดเร็วและปลอดภัย

สมรรถนะการเรียนรู้

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับชนิดขดลวดเคลื่อนที่และสัญลักษณ์เครื่องมือวัด
2. มีทักษะการวัดความต้านทานภายใน
3. ปฏิบัติตามข้อกำหนดเครื่องมือวัดด้านการใช้งานและความปลอดภัย
4. ประยุกต์ใช้ความรู้ด้านความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ผลการวัด

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายโครงสร้างและหลักการทำงานของขดลวดเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ได้
2. เขียนสัญลักษณ์ คำนวณค่าความคลาดเคลื่อน ความเที่ยงตรงและความไวของเครื่องมือวัดได้
3. ปฏิบัติงานใช้เครื่องมือวัดด้วยความละเอียดรอบคอบตามข้อกำหนดความปลอดภัย
4. ประยุกต์ใช้เครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับตัวแปรไฟฟ้าที่ต้องการวัด



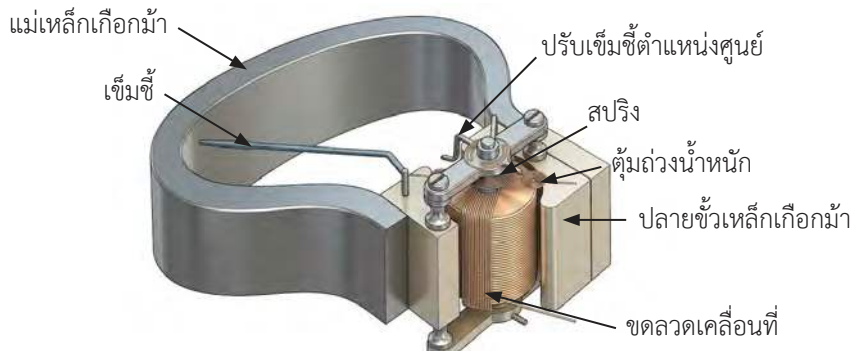
เนื้อหาสาระ

ในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ มีความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้เครื่องมือวัดซึ่งมีอยู่มากมายหลายรูปแบบ เช่น มัลติมิเตอร์ (Multimeter) ออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) เป็นต้น ซึ่งหลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องมือวัด คือ การที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coils) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **ส่วนเคลื่อนที่ของมิเตอร์หรือมิเตอร์รูปเฟนดต์ (Meter Movement)** ขดลวดเคลื่อนที่มีหลายชนิดด้วยกัน เนื่องจากระบบไฟฟ้ามี 2 ประเภท คือ ไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง ชนิดของขดลวดเคลื่อนที่มีดังนี้ 1. ขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล (D' Arsonval Moving Coil) 2. ขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์ (Electrodynamometer Moving Coil) 3. ขดลวดเคลื่อนที่แบบใบพัดเหล็ก (Iron - Vane Moving Coil) 4. ขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Moving Coil) เป็นต้น

1.1 >> ขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล (D' Arsonval Moving Coil)

ในปี ค.ศ. 1820 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน ชื่อ ฮานส์ คริสเตียน เออร์สเตด (Hans Christian Oersted) ได้คิดค้นหลักการเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก ซึ่งเป็นหลักการพื้นฐานของเครื่องมือวัดอุปกรณ์ที่ใช้แสดงความสัมพันธ์ดังกล่าว คือ เข็มทิศและขดลวดที่ผ่านเข็มทิศ ซึ่งวางอยู่แนวเหนือและแนวใต้เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลเข็มมิเตอร์จะเบี่ยงเบนได้

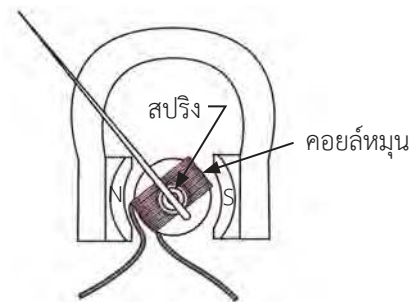
และใน ปี ค.ศ. 1881 นักวิทยาศาสตร์ชาวฝรั่งเศส ชื่อ แจ็กส์ ดาร์สันวาล (Jacques d' Arsonval) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดที่มีหลักการทำงานโดยอาศัยแรงและแรงบิดซึ่งเกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดเคลื่อนที่ หรือคอยล์หมุนที่วางตัวอยู่ในสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากแม่เหล็กถาวร จึงเรียกขดลวดเคลื่อนที่แบบนี้ว่า **ขดลวดเคลื่อนที่ชนิดดาร์สันวาล (D' Arsonval Moving Coil)** มีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล (D'Arsonval – Moving Coil)

จากรูปที่ 1.1 เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) ซึ่งวางอยู่ในสนามแม่เหล็กทำให้เกิดการเหนี่ยวนำและเกิดแรงบิดขึ้นที่ขดลวดเคลื่อนที่ตามลำดับแรงบิดนี้เราเรียกว่า **แรงบิดขับ (Driving Torque ; T)** มีหน้าที่ทำให้เข็มที่ติดอยู่กับขดลวดเคลื่อนที่เกิดการเบี่ยงเบนขณะเดียวกันสปริงกันหอย (Spiral Hairspring) ซึ่งทำหน้าที่นำกระแสไฟฟ้าเข้า - ออกจากขดลวดเคลื่อนที่ที่จืดตัวแน่นขึ้นทำให้เกิดแรงบิดต้านการเบี่ยงเบนของเข็มแรงบิดที่เกิดจากสปริงกันหอยนี้เรียกว่า **แรงบิดควบคุม (Controlling Torque)** เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่ทำให้แรงบิดขับกับแรงบิดควบคุมสมดุลกัน เข็มมิเตอร์จะหยุดนิ่งและก่อนที่จะหยุดเข็มมิเตอร์อาจแกว่งชั่วขณะหนึ่ง

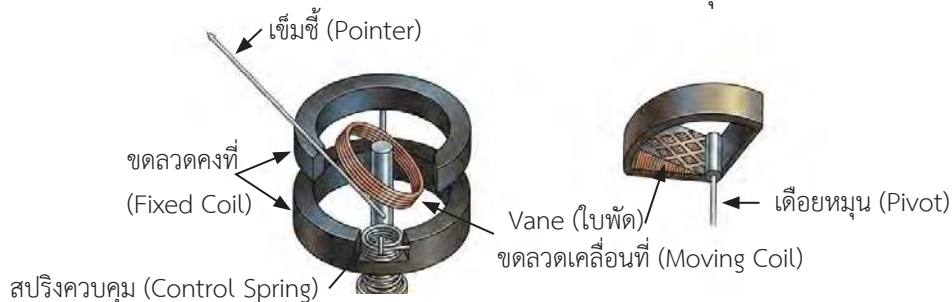
เมื่อกระแสไฟฟ้าในขดลวดเคลื่อนที่เท่ากับศูนย์จะทำให้แรงบิดเท่ากับศูนย์ด้วย โดยที่ขดลวดเคลื่อนที่ที่ปล่อยแรงบิดจากสปริงเพียงอย่างเดียว จึงทำให้เข็มกลับมาที่ศูนย์อีกครั้งหนึ่งขณะที่ขดลวดเคลื่อนที่เคลื่อนไหวตัวนั้น กรอบของขดลวดเคลื่อนที่จะเคลื่อนตัวติดกับฟลักซ์แม่เหล็ก จึงเกิดการเหนี่ยวนำและเกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นที่กรอบขดลวดเคลื่อนที่ แรงบิดที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าที่กรอบของขดลวดเคลื่อนที่เรียกว่า **แรงบิดหน่วง (Damping Torque)** ซึ่งจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงบิดเข็มของเครื่องมือวัดจะหยุดนิ่งเร็วขึ้น ซึ่งหลักการดังกล่าวเรียกว่า **การหน่วง**



รูปที่ 1.2 วงจรสมมูลของขดลวดเคลื่อนที่แบบคาร์สันวาล

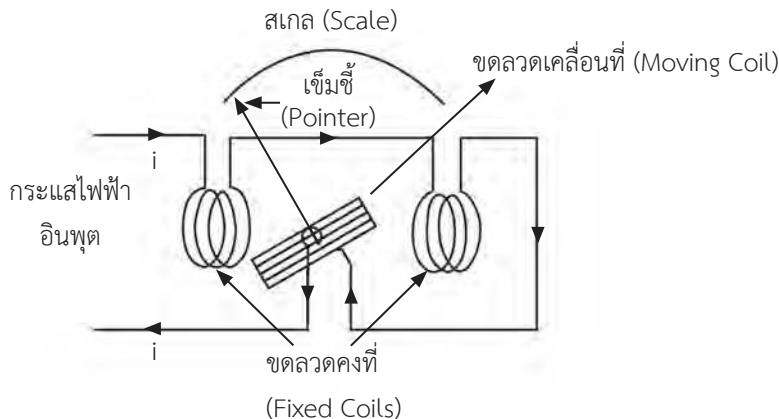
1.2>> ขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

ขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ (Electrodynamometer Moving Coil) ประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Magnetic Field Coils) หรือเรียกว่า **ขดลวดคงที่ (Fixed Coil)** ซึ่งจะมียู่ 2 ขด และทำหน้าที่เหมือนกับแม่เหล็กถาวรของขดลวดเคลื่อนที่แบบคาร์สันวาล ซึ่งขดลวดเคลื่อนที่นี้จะต่ออนุกรมอยู่ตรงกลางของขดลวดคงที่นี้ และทำหน้าที่เป็นอาร์เมเจอร์ (Armature) เข็มชี้ที่ติดไว้จะมีหน้าที่วัดปริมาณกระแสไฟฟ้า และเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดคงที่ผลิตสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดเคลื่อนที่ให้หมุน



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของขดลวดเคลื่อนที่ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์

จากรูปที่ 1.3 แสดงโครงสร้างของอิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์ ซึ่งจะมีสปริงควบคุมอยู่ที่ปลายของแกน ขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมเข็มมิเตอร์ให้ชี้ที่ตำแหน่งศูนย์ และมีแรงหน่วงอากาศ (Air Damping) โดยใช้ใบพัดที่มีน้ำหนักเบาไว้ลัดอากาศรอบ ๆ เมื่อขดลวดหมุนไปและหยุดจะทำให้เข็มชี้ไม่มีการสั่น เมื่อนำไปวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ อิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์มีวงจรสมมูลดังแสดงในรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 วงจรสมมูลของขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์

อิเล็กโตรไดนาโมมิเตอร์สามารถนำไปวัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับใช้ในวัตต์มิเตอร์ (Wattmeter) วาร์มิเตอร์ (Var Meter) และตอบสนองต่อความถี่ย่าน 25 Hz ถึง 125 Hz ได้แม่นยำสูงสุด

1.3 >> ขดลวดเคลื่อนที่แบบใบพัดเหล็ก

ขดลวดเคลื่อนที่แบบใบพัดเหล็ก (Iron - Vane Moving Coil) เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า รีพัลชัน มูฟวิงเวเน (Repulsion Moving Vane) ประกอบด้วยขดลวดคงที่ (Fixed Coil) และใบพัดเหล็กอ่อน (Iron Vane) 2 ใบ จะสอดใส่อยู่ในขดลวดคงที่โดยใบพัดเหล็กอ่อนใบหนึ่ง จะยึดติดอยู่กับขดลวดคงที่และใบพัดอีกใบหนึ่งติดอยู่กับแกนของเข็มชี้ ซึ่งแสดงในรูปที่ 1.5

จากรูปที่ 1.5 โครงสร้างของมิเตอร์แบบใบพัดเหล็กเคลื่อนที่ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดคงที่ จะสร้างสนามแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้น ซึ่งจะทำให้ใบพัดเหล็กอ่อนทั้งสองถูกเหนี่ยวนำเป็นแม่เหล็กอ่อนที่มีขั้วแม่เหล็กเหมือนกัน จะทำให้เกิดการผลักกันทำให้เข็มชี้เคลื่อนที่

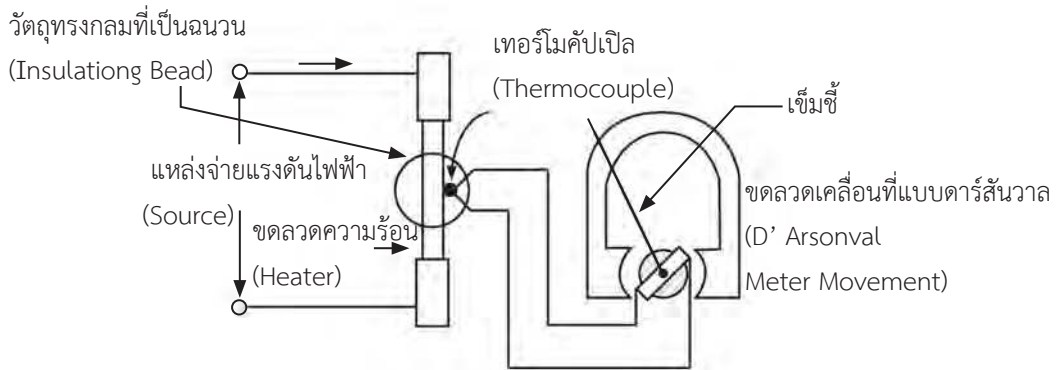


รูปที่ 1.5 โครงสร้างของมิเตอร์แบบใบพัดเหล็กเคลื่อนที่

ขณะที่ใบพัดเหล็กอ่อนเคลื่อนที่ผ่านสนามแม่เหล็กไฟฟ้าของขดลวดคงที่จะเกิดกระแสไฟฟ้าไหลวน และเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งจะทำให้เกิดความผิดพลาดในการวัดได้ เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบนี้จึงไม่นิยมใช้กับการวัดไฟฟ้ากระแสตรง

1.4>> ขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิล

โครงสร้างของขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Moving Coil) ประกอบด้วย 3 ส่วนดังนี้ ขดลวดความร้อน (Heater) เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) และขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล (D' Arsonval Meter Movement) เครื่องมือวัดแบบนี้สามารถใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับที่มีความถี่สูง ๆ โดยจะมีค่าความถูกต้องจากการวัดสูงได้ถึงความถี่ 50 MHz ซึ่งมีโครงสร้างดังแสดงในรูปที่ 1.6



รูปที่ 1.6 โครงสร้างของเครื่องมือวัดแบบเทอร์โมคัปเปิล

จากรูปที่ 1.6 โครงสร้างของเครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบเทอร์โมคัปเปิล เมื่อวัดแรงดันไฟฟ้าจะเกิดความร้อนเพิ่มขึ้นที่รอยต่อของเทอร์โมคัปเปิล ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขนาดศูนย์โวลต์ถึง 10 mV ป้อนให้ขดลวดเคลื่อนที่ ซึ่งอยู่ในสนามแม่เหล็กของแม่เหล็กถาวร อณูหุยมิของเทอร์โมคัปเปิลจะเป็นสัดส่วนตามปริมาณกระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ ซึ่งสามารถวัดค่ากระแสไฟฟ้ามากถึง 50 mA

1.5>> สัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

สัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์เมื่อจำแนกแล้วมี 4 ชนิด คือ

1. สัญลักษณ์บอกชนิดมิเตอร์ (Meter Symbol)
2. สัญลักษณ์บอกโครงสร้างมิเตอร์ (Meter Structure Symbol)
3. สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งานมิเตอร์ (Symbol Indicating the Characteristics of the Meter)
4. สัญลักษณ์บอกความคลาดเคลื่อนมิเตอร์ (Meter Error Symbol)

1.5.1 สัญลักษณ์บอกชนิดมิเตอร์

สัญลักษณ์บอกชนิดของมิเตอร์ เป็นเครื่องหมายแสดงถึงชนิดของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังตารางที่ 1.1

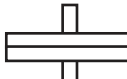
ตารางที่ 1.1 สัญลักษณ์บอกชนิดมิเตอร์

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
 , 	กิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ (Kilowatt Hour Meter)		แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Ammeter)
	โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltmeter)		วัตต์มิเตอร์ (Wattmeter)
	โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltmeter)		ฟริควเอนซีมิเตอร์ (Frequency Meter)
	โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)		เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์ (Power Factor Meter)
	แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Ammeter)		

1.5.2 สัญลักษณ์บอกโครงสร้างมิเตอร์

สัญลักษณ์บอกโครงสร้างเป็นเครื่องหมายแสดงถึงโครงสร้างการทำงานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังตารางที่ 1.2

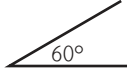
ตารางที่ 1.2 สัญลักษณ์บอกโครงสร้างมิเตอร์

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	ชนิดไฟฟ้าสถิต		ชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบ อิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์
	ชนิดแผ่นโลหะสั่น		ชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบ แม่เหล็กถาวร
	ชนิดลวดร่อน		ชนิดแผ่นเหล็กเคลื่อนที่
	ชนิดเหนี่ยวนำ		

1.5.3 สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งานมิเตอร์

สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งานเป็นเครื่องหมายแสดงถึงวิธีการใช้งานของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งานมิเตอร์

สัญลักษณ์	ความหมาย	สัญลักษณ์	ความหมาย
	ใช้วัดเฉพาะไฟฟ้ากระแสสลับ		ใช้วัดให้วางแนวราบ
	ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรง		ใช้วัดให้วางแนวตั้ง
	ใช้วัดทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ		ใช้วัดให้วางเอียงทำมุม 60 องศา

1.5.4 สัญลักษณ์บอกความคลาดเคลื่อนมิเตอร์

สัญลักษณ์บอกความคลาดเคลื่อนเป็นเครื่องหมายแสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนจากการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แสดงดังตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 สัญลักษณ์บอกค่าความคลาดเคลื่อน

สัญลักษณ์	ความหมาย
1.5	ความคลาดเคลื่อนของการวัด 1.5%
	ความคลาดเคลื่อนของความยาวสเกล 1.5%
	แรงดันไฟฟ้าที่ใช้ทดสอบความเป็นฉนวนระหว่างวงจรไฟฟ้าของเครื่องมือวัดไฟฟ้ากับกล่อง 2 kV



รูปที่ 1.7 เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

แบบแอนะล็อก (Analog Meter)

ที่มา <https://thai.alibaba.com/product-detail/>



รูปที่ 1.8 เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

แบบดิจิทัล (Digital Meter)

ที่มา <https://pantip.com/topic/40435990>

1.6 >> ความคลาดเคลื่อน

ความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ปริมาณตัวเลขแสดงความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงที่ทำการวัด (Expected Value) กับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Measured Value)

ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมาจากความคลาดเคลื่อนจากผู้ปฏิบัติกร (Gross Error) ขณะทำการวัดและความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากระบบเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (System Error)

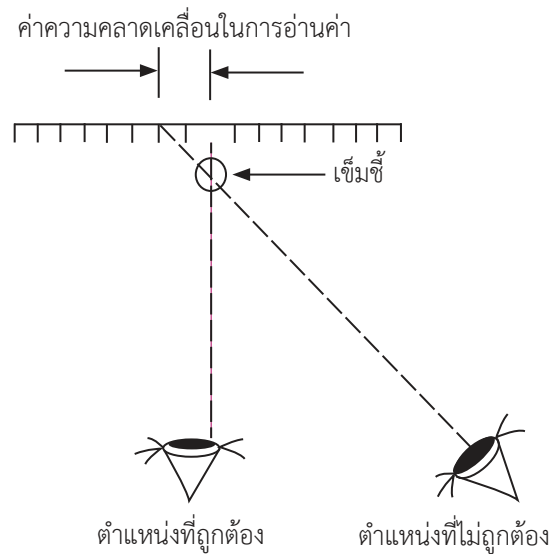
ความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นจากระบบเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ แบ่งเป็น 3 ประเภท คือ

1. ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ (Instrument Error)
2. ความคลาดเคลื่อนจากสภาพแวดล้อม (Environmental Error)
3. ความคลาดเคลื่อนจากการมองเห็น (Observational Error)

ความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น เกิดจากการเสียดสีของแปรงขี้ผึ้งเคลื่อนที่ การคลายตัวหรือการดึงตัวของสปริงกันหอย การปรับแต่งเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไม่เหมาะสม การวางเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ขณะใช้งานไม่ถูกต้อง เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนจากสภาพแวดล้อมจะเกิดขึ้นขณะใช้งาน ซึ่งสภาพแวดล้อมที่มีผลต่อการวัด เช่น สนามแม่เหล็กภายนอก ความชื้น ความดัน อุณหภูมิ เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนจากการมองเห็นเกิดจากผู้ปฏิบัติกรทำการอ่านค่าสเกล (Scale) จากเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ไม่ถูกต้อง กล่าวคือ ผู้ปฏิบัติกรมองไม่ตั้งฉากกับเข็มชี้มิเตอร์และสเกลจึงทำให้ค่าที่ได้เกิดการผิดพลาด



รูปที่ 1.9 การมองสเกลของเข็มชี้มิเตอร์

1.7 >> เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน ความถูกต้องและความเที่ยงตรง

1.7.1 เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน (Error Percentage)

เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อนมี 2 แบบ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Absoluted Error) กับค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ (Relative Error)

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (E) หมายถึง ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริง (T) กับค่าที่วัดได้ (M)

$$\text{จะได้} \quad E = |M - T| \quad \dots\dots\dots(1.1)$$

เมื่อ E คือ Error แสดงถึงค่าความคลาดเคลื่อนของการวัด (Absoluted Value)

T คือ True แสดงถึงค่าที่แท้จริงของตัวแปรที่วัด (True Value)

M คือ Measured แสดงถึงค่าที่วัดได้จากเครื่องมือวัด (Measured Value)

ข้อสังเกตค่า E หากมีค่าเป็นบวกแสดงว่าค่าที่วัดได้มากกว่าค่าที่แท้จริง ส่วนค่า E ที่มีค่าเป็นลบ แสดงว่า ค่าที่แท้จริงมากกว่าค่าที่วัดได้

2. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หมายถึง จำนวนเปอร์เซ็นต์ของค่าคลาดเคลื่อน

$$\text{จะได้} \quad \% \text{ Error} = \left| \frac{E}{T} \right| \times 100 = \left| \frac{M - T}{T} \right| \times 100 \quad \dots\dots\dots(1.2)$$

ตัวอย่างที่ 1.1 แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาตรฐานคือ 12 V เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงไปวัดค่าแรงดันไฟฟ้าแล้วอ่านออกมาได้เท่ากับ 11.70 V จงหาต่อไปนี้

1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์

2. เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน

วิธีทำ 1. ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ $E = |M - T|$
 $= |11.7 - 12| = 0.3 \text{ V}$

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อน = 0.3 V หรือค่าที่วัดได้น้อยกว่าค่าจริง 0.3 V

2. เปอร์เซนต์ความคลาดเคลื่อน $\% \text{ Error} = \left| \frac{M - T}{T} \right| \times 100$
 $= \left| \frac{11.7 - 12}{12} \right| \times 100 = 2.5 \text{ V}$

ดังนั้น ความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 2.5 % หรือค่าที่วัดได้น้อยกว่าค่าจริง ร้อยละ 2.5

ตอบ

1.7.2 ค่าความถูกต้องและแม่นยำ (Accuracy)

ความถูกต้อง (Accuracy, A) หมายถึง ค่าที่อ่านจากเครื่องมือวัดที่มีความใกล้เคียงกับค่าจริง

$$A = 1 - \left| \frac{E}{T} \right| = 1 - \left| \frac{M - T}{T} \right| \quad \dots\dots\dots(1.3)$$

ต้องการหาค่าเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องจะได้ % A

$$\% A = 100\% - \% \text{ Error} \quad \dots\dots\dots(1.4)$$

$$\text{หรือ } \% A = 100\% \times A \quad \dots\dots\dots(1.5)$$

เมื่อ A คือ ความถูกต้องของการวัดค่า
 % A คือ เปอร์เซ็นต์ของค่าความถูกต้อง

อย่างไรก็ตาม เครื่องมือวัดที่ให้ความถูกต้องต่ำ (Accuracy) อาจเป็นเพราะเครื่องมือวัดนั้นขาดการสอบเทียบ (หรือปรับแต่งให้ได้มาตรฐาน) มาตรฐาน (Calibration) ดังนั้น หากต้องการให้เครื่องมือวัดอ่านค่าได้ถูกต้อง ควรทำการสอบเทียบมาตรฐานเครื่องมือวัดอย่างสม่ำเสมอ

ตัวอย่างที่ 1.2 วงจรใช้งานของไดโอดเปล่งแสงมีค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ไดโอดเปล่งแสงเท่ากับ 1.8 V เมื่อนำโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงมาวัดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่ไดโอดเปล่งแสง ผลปรากฏว่าวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้เท่ากับ 1.83 V จงหาค่าต่อไปนี้

1. ค่าความถูกต้องของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง
2. เปอร์เซ็นต์ของค่าความถูกต้อง

วิธีทำ 1. ความถูกต้อง $A = 1 - \left(\frac{M - T}{T} \right) = 1 - \left(\frac{1.83 - 1.8}{1.8} \right) \times 100$
 $= 1 - 0.01666 = 0.9833$

ดังนั้น ความถูกต้องของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเท่ากับ 0.9833

2. เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง % A $= 100\% - \% \text{ Error}$
 $= 100\% - \left[\left(\frac{M - T}{T} \right) \times 100 \right]$
 $= 100\% - \left[\left(\frac{1.83 - 1.8}{1.8} \right) \times 100 \right]$
 $= 100\% - 1.666\% = 98.33\%$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของโวลต์มิเตอร์เท่ากับ 98.33%

ตอบ

1.7.3 ความเที่ยงตรง (Precision)

ความเที่ยงตรงของการวัดค่า หมายถึง ความใกล้เคียงของค่าที่วัดได้จากตัวแปรเดียวกันในแต่ละครั้ง (จากการวัดซ้ำหลายครั้ง) กับค่าเฉลี่ยของการวัดทุกครั้ง

$$\text{ความเที่ยงตรง } P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad \dots\dots\dots(1.6)$$

โดยที่ $\bar{X}_n = \frac{\sum X_n}{n} \quad \dots\dots\dots(1.7)$

เมื่อ P คือ ความเที่ยงตรง
 X_n คือ ค่าที่แท้จริง

- $\bar{X}_n$ คือ ค่าเฉลี่ยของการวัดค่า
 ΣX_n คือ ผลรวมการวัดค่าแต่ละครั้ง
 n คือ จำนวนครั้งที่ทำการวัดค่า

จากสมการที่ 1.7 ค่าเฉลี่ยของการวัดเท่ากับ $= \frac{\text{ผลรวมการวัดค่าแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนครั้งที่วัดค่า}}$

ตัวอย่างที่ 1.3 ในการวัดค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรโดยใช้ดิจิตอลมัลติมิเตอร์ โดยกระทำการวัดทั้งหมด 10 ครั้ง ดังตารางที่ 1.5 โดยค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงเท่ากับ 10 mA ค่าความเที่ยงตรงของการวัดเป็นเท่าไร

ตารางที่ 1.5 วัดค่ากระแสไฟฟ้าของวงจร

ครั้งที่วัด	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (mA)	ครั้งที่วัด	กระแสไฟฟ้าที่วัดได้ (mA)
1	10.09	6	9.94
2	10.10	7	8.99
3	10.08	8	9.95
4	10.15	9	9.99
5	10.25	10	9.96

วิธีทำ 1. โจทย์กำหนดค่าแท้จริง $X_n = 10 \text{ mA}$

ค่าเฉลี่ยของการวัดค่า $\bar{X}_n$ หาได้ดังนี้

$$2. \bar{X}_n = \frac{10.9 + 10.10 + 10.08 + 10.15 + 10.25 + 9.94 + 8.99 + 9.95 + 9.99 + 9.96}{10}$$

$$= 9.95 \text{ mA}$$

$$3. \text{ความเที่ยงตรงของการวัดค่า } P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| = 1 - \left| \frac{10 - 9.95}{9.95} \right|$$

$$= 0.99$$

ดังนั้น เปอร์เซ็นต์ของความเที่ยงตรงคือ $0.99 \times 100\% = 99\%$

ตอบ

1.8 >> คลาสของเครื่องมือวัด

คลาส (Class) หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดที่เขียนออกมาเป็นตัวเลขบนสเกลหน้าปัดมิเตอร์ (รูปที่ 1.10) โดยบ่งบอกความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเต็มสเกลหรือย่านการวัดถูกระบุเป็นชั้น เช่น Class 1 Class 1.5 เป็นต้น

คลาสของเครื่องมือวัดถ้าคิดอยู่ในรูปเปอร์เซ็นต์จะบอกถึงเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนในแต่ละย่านการวัด (Range) นั้น ๆ และถ้านำคลาสของเครื่องมือวัดไปคูณกับย่านการวัดจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ Errors

$$\text{Error} = (\% \text{ Class}) \times (\text{Range}) \quad \dots\dots\dots(1.8)$$

$$= \frac{\text{Class}}{100} \times (\text{Range}) \quad \dots\dots\dots(1.9)$$



รูปที่ 1.10 ภาพจริงของแอมมิเตอร์ Class 1.5

ตัวอย่างที่ 1.4 โวลต์มิเตอร์ชุดหนึ่งเขียนว่า Class 2.5 เลือกย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 50 V นำไปวัดแรงดันไฟฟ้าจริง 20 V จงหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

วิธีทำ 1. ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Error)
$$= (\% \text{ Class}) \times (\text{Range})$$
$$= \left(\frac{2.5}{100} \right) \times 50 = 1.25 \text{ V}$$

2. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (% Error)
$$= \frac{E}{T} \times 100$$
$$= \left(\frac{1.25}{20} \right) \times 100 = 6.25\%$$

ดังนั้น ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ของย่านการวัด 50 V = 1.25 V

และค่าเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของย่านการวัด 50 V = 6.25%

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.5 โวลต์มิเตอร์ 2 ชุด คือ Class 1 กับ Class 1.5 ตามลำดับนำย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 250 V ไปวัดแรงดันไฟฟ้าจริง 220 V จงหาค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดไฟฟ้าทั้งสองชุดและค่าที่เข็มชี้มิเตอร์แสดงเป็นเท่าไร

วิธีทำ 1. พิจารณาโวลต์มิเตอร์ที่มี Class 1

1.1) ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Error)
$$= (\% \text{ Class}) \times (\text{Range})$$
$$= \left(\frac{1}{100} \right) \times 250 = \pm 2.50 \text{ V}$$

1.2) เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (%Error)
$$= \frac{E}{T} \times 100$$
$$= \frac{2.5}{220} \times 100 = \pm 1.13\%$$

1.3) ที่ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 250 V สำหรับโวลต์มิเตอร์ Class 1 จะทำให้เข็มชี้มิเตอร์แสดงค่า $250 \text{ V} \pm 2.50 \text{ V}$

$$\text{นั่นคือ } 250 + 2.5 = 252.50 \text{ V}$$

$$\text{นั่นคือ } 250 - 2.5 = 247.50 \text{ V}$$

ดังนั้น เข็มชี้มิเตอร์แสดงค่าระหว่าง 247.50 - 252.50 V

2. พิจารณาโวลต์มิเตอร์ที่มี Class 1.5

$$\begin{aligned} 2.1) \text{ ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Error)} &= (\% \text{ Class}) \times (\text{Range}) \\ &= \left(\frac{1.5}{100} \right) \times 250 = 3.75 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2.2) \text{ เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (\%Error)} &= \frac{E}{T} \times 100 \\ &= \frac{3.75}{220} \times 100 = 1.70\% \end{aligned}$$

2.3) ที่ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า 250 V สำหรับโวลต์มิเตอร์ Class 1.5 จะทำให้เข็มชี้มิเตอร์แสดงค่า $250 \text{ V} \pm 3.75 \text{ V}$

$$\text{นั่นคือ } 250 + 3.75 = 253.75 \text{ V}$$

$$\text{นั่นคือ } 250 - 3.75 = 246.25 \text{ V}$$

ดังนั้น เข็มชี้มิเตอร์แสดงค่าระหว่าง 246.25 - 253.75 V

ตอบ

1.9 >> ความไวของเครื่องมือวัด

ความไว (Sensitivity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าที่เปลี่ยนแปลงของสัญญาณทางด้านเอาต์พุต ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทางด้านเอาต์พุต โดยความไวของเครื่องมือวัดสังเกตจากปริมาณ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแล้วทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจนเต็มสเกล (Full Scale Current, I_{fs}) มีหน่วย Ω/V

$$\text{ความไว } (S_{dc}) = \frac{1}{I_{fs}} \text{ หน่วย } \Omega/V \quad \dots\dots\dots(1.10)$$

เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีความไวสูงจะมีความถูกต้อง (Accuracy) สูงมาก ซึ่งความไวของโวลต์มิเตอร์ (มิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้า) มีหน่วยเป็น Ω/V โดยโวลต์มิเตอร์ที่มีความไวสูงจะวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้องมากขึ้นและโวลต์มิเตอร์ที่มีความไวต่ำจะวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้องน้อยลง (แม่นยำน้อยลง)

$$\text{จะได้} \quad S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{1}{(\text{ย่านการวัดกระแสไฟฟ้า})} = \frac{R_{in}}{\text{Range V}} \quad \dots\dots\dots(1.11)$$

เมื่อ S_{dc} คือ ความไวของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสไฟฟ้าตรง (Sensitivity)

I_{fs} คือ กระแสไฟฟ้าเต็มสเกล (Full Scale Current)

R_{in} คือ ความต้านทานภายในมิเตอร์ (Input Resistance of Meter)

Range V คือ ย่านการวัดแรงดันไฟฟ้า (Range Voltage)

ตัวอย่างที่ 1.6 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวหนึ่ง มีกระแสไฟฟ้าไหลเต็มสเกลเท่ากับ $50 \mu\text{A}$ ค่าความไวของโวลต์มิเตอร์ตัวนี้เป็นเท่าไร

วิธีทำ ความไว
$$S_{dc} = \frac{1}{I_{fs}} = \frac{1}{50 \times 10^{-6}}$$

$$= 20,000 \Omega/V = 20 \text{ k}\Omega/V$$

ดังนั้น ความไวของโวลต์มิเตอร์มีค่าเท่ากับ $20 \text{ k}\Omega/V$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.7 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงตัวหนึ่งตั้งย่านการวัด 50 V มีค่าความต้านทานภายใน $1.2 \text{ M}\Omega$ ค่าความไวของโวลต์มิเตอร์ตัวนี้เป็นเท่าไร

วิธีทำ ความไว
$$S_{dc} = \frac{R_{in}}{\text{Range } V} = \frac{1.2 \times 10^6}{50}$$

$$= 24 \text{ k}\Omega/V$$

ดังนั้น ความไวของโวลต์มิเตอร์มีค่าเท่ากับ $24 \text{ k}\Omega/V$

ตอบ



สรุปสาระสำคัญ

1. เครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คือ เครื่องมือที่ใช้วัดปริมาณไฟฟ้า เช่น วัดค่าความต้านทาน วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า เป็นต้น
2. หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ คือ การทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่เรียกว่า **มิเตอร์มูฟเมนต์ (Meter Movement)**
3. ขดลวดเคลื่อนที่มีหลากหลายชนิด เช่น ขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาล ขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิล เป็นต้น
4. ขดลวดเคลื่อนที่ชนิดดาร์สันวาลมีหลักการทำงานโดยอาศัยแรงกับแรงบิดที่เกิดจากการจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวดเคลื่อนที่หรือคอยล์หมุนที่วางตัวในสนามแม่เหล็กซึ่งเกิดจากแม่เหล็กถาวร
5. ขดลวดเคลื่อนที่แบบอิเล็กทรอนิกส์ไดนาโมมิเตอร์ประกอบด้วยขดลวดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า ขดลวดคงที่มี 2 ขด โดยทำหน้าที่เหมือนกับแม่เหล็กถาวรของขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาลถูกใช้งานในวัตต์มิเตอร์ วาร์มิเตอร์ เป็นต้น
6. ขดลวดเคลื่อนที่แบบใบพัดเหล็กประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่และใบพัดอ่อน 2 ใบจะสอดใส่อยู่ในขดลวดคงที่โดยใบพัดเหล็กอ่อนใบหนึ่ง จะติดยึดกับขดลวดคงที่และใบพัดอีกใบหนึ่งติดอยู่กับแกนของเข็มชี้
7. โครงสร้างของขดลวดเคลื่อนที่แบบเทอร์โมคัปเปิลประกอบด้วย ขดลวดความร้อน เทอร์โมคัปเปิล และขดลวดเคลื่อนที่แบบดาร์สันวาลใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ

8. สัญลักษณ์ของเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มี 4 ชนิด คือ สัญลักษณ์บอกชนิดมิเตอร์ สัญลักษณ์บอกโครงสร้างมิเตอร์ สัญลักษณ์บอกลักษณะการใช้งานมิเตอร์และสัญลักษณ์บอกความคลาดเคลื่อนมิเตอร์

9. ความคลาดเคลื่อน (Error) หมายถึง ปริมาณตัวเลขแสดงความแตกต่างระหว่างค่าที่แท้จริงที่ทำการวัดค่ากับค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมาจากผู้ปฏิบัติงานและเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

10. เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนมี 2 แบบ คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์กับค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์

10.1 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพันธ์ (Error, E) หมายถึง ค่าปริมาณความแตกต่างระหว่างค่าจริง (True, T) กับค่าที่วัดได้ (Measured, M)

$$\text{นั่นคือ} \quad E = |M - T|$$

10.2 ค่าความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ หมายถึง จำนวนเปอร์เซ็นต์ของค่าความคลาดเคลื่อน (% Error)

$$\% E = \left| \frac{E}{T} \right| \times 100 = \left| \frac{M - T}{T} \right| \times 100$$

11. ค่าความถูกต้องและแม่นยำ (Accuracy, A) หมายถึง ค่าที่อ่านจากเครื่องมือวัดที่มีความใกล้เคียงกับค่าจริง

$$A = 1 - \left| \frac{E}{T} \right| = 1 - \left| \frac{M - T}{T} \right|$$

$$\% A = 100\% - \% \text{Error}$$

$$\text{หรือ } \% A = 100\% \times A$$

12. ความเที่ยงตรงของการวัดค่า (Precision) หมายถึง ความใกล้เคียงของค่าที่วัดได้จากตัวแปรเดียวกันในแต่ละครั้ง (จากการวัดซ้ำหลายครั้ง) กับค่าเฉลี่ยของการวัดทุกครั้ง

$$\text{ความเที่ยงตรง } P = 1 - \left| \frac{X_n - \bar{X}_n}{\bar{X}_n} \right| \quad \text{โดยที่ } \bar{X}_n = \frac{\sum X_n}{n}$$

เมื่อ P คือ ความเที่ยงตรง

X_n คือ ค่าที่แท้จริง

$\bar{X}_n$ คือ ค่าเฉลี่ยของการวัดค่า

$\sum X_n$ คือ ผลรวมการวัดค่าแต่ละครั้ง

n คือ จำนวนครั้งที่ทำการวัดค่า

$$\text{ดังนั้น ค่าเฉลี่ยของการวัดเท่ากับ } = \frac{\text{ผลรวมการวัดค่าแต่ละครั้ง}}{\text{จำนวนครั้งที่วัดค่า}}$$

13. คลาส (Class) หมายถึง ค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัดที่เขียนออกมาเป็นตัวเลขบนสเกลหน้าปัดมิเตอร์โดยบ่งบอกความคลาดเคลื่อนสัมพัทธ์ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ค่าความคลาดเคลื่อนของค่าเต็มสเกลหรือย่านการวัด ถูกระบุเป็นชั้น เช่น Class 1 Class 1.5 เป็นต้น

ความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์ (Error)=(เปอร์เซ็นต์คลาสของเครื่องมือวัด) $\times$ (ย่านการวัด)

14. ความไว (Sensitivity) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างค่าที่เปลี่ยนแปลงของสัญญาณเอาต์พุตที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสัญญาณทางด้านอินพุต โดยความไวของเครื่องมือวัด สังเกตจากปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแล้วทำให้เกิดการเบี่ยงเบนจนเต็มสเกลมีหน่วย Ω/V

$$\text{ความไว } (S_{dc}) = \frac{1}{I_{fs}} \quad \text{หน่วย } \Omega/V$$