

เครื่องมือวัดในงานยานยนต์ไฟฟ้า

(Electric Vehicle Instrumentation)



เครื่องมือวัดในงานยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Instrumentation)

กลุ่มอาชีพเครื่องกลและยานยนต์

ISBN 978-616-495-347-5

พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2569

จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

เรียบเรียงโดย

กิตติกานต์ วรสิริประสิทธิ์

จัดพิมพ์และจัดจำหน่าย โดย...



บริษัท วังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ

เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-4

Mobile 08-8585-1521

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

www.wangaksorn.com

Line ID : wangaksorn

แถมฟรี e-book

แต่ละบทเรียน

ในรูปแบบ QR Code



สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2565

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต

เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น

ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้

เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย

โดยบริษัท วังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด

ตารางกำหนดการจัดการเรียนรู้
วิชา เครื่องมือวัดในงานยานยนต์ไฟฟ้า
(Electric Vehicle Instrumentation)

ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	บทเรียนที่	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
1 - 2	บทเรียนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า	ใบงานที่ 1.1 ระบบหน่วยการวัด	2	6	8
3 - 5	บทเรียนที่ 2 โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์และแคลมป์มิเตอร์	ใบงานที่ 2.1 การอ่านค่าโวลต์มิเตอร์ กระแสตรงด้วยมัลติมิเตอร์ ชนิดเข็มชี้ ใบงานที่ 2.2 การวัดกระแสไฟฟ้า ด้วยแอมมิเตอร์ ใบงานที่ 2.3 การใช้แคลมป์มิเตอร์	3	9	12
6 - 8	บทเรียนที่ 3 โอห์มมิเตอร์ มิลลิโอห์มมิเตอร์ เมกะโอห์มมิเตอร์ (อินซูเลชั่นมิเตอร์)	ใบงานที่ 3.1 การวัดและอ่านค่า โอห์มมิเตอร์ ด้วยมัลติมิเตอร์ ใบงานที่ 3.2 การวัดและอ่านค่า โอห์มมิเตอร์ ด้วยมิลลิโอห์มมิเตอร์ ใบงานที่ 3.3 การวัดและอ่านค่า โอห์มมิเตอร์ ด้วยเมกะโอห์มมิเตอร์	3	9	12
9 - 10	บทเรียนที่ 4 เครื่องวัดความต้านทานแบบบริดจ์ และวัตต์มิเตอร์	ใบงานที่ 4.1 การวัดความต้านทาน ตัวเก็บประจุค่าเหนี่ยวนำ แบบบริดจ์ ใบงานที่ 4.2 การใช้งานวัตต์มิเตอร์	2	6	8
11 - 12	บทเรียนที่ 5 กิโลวัตต์ ฮาว์ร์มิเตอร์ และออสซิลโลสโคป	ใบงานที่ 5.1 การใช้งานกิโลวัตต์ ฮาว์ร์มิเตอร์ ใบงานที่ 5.2 การใช้งานออสซิลโลสโคป	2	6	8

ครั้งที่	รายการ		จำนวนชั่วโมง		
	บทเรียนที่	ปฏิบัติ	ท	ป	รวม
13 - 14	บทเรียนที่ 6 เครื่องวิเคราะห์ ปัญหาทางยานยนต์ไฟฟ้า และการขยายย่านวัด	ใบงานที่ 6.1 การติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ ปัญหาทางยานยนต์ ไฟฟ้า ใบงานที่ 6.2 การขยายย่านการวัด เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า	2	6	8
15 - 16	บทเรียนที่ 7 เครื่องมือวัดอื่น ๆ	ใบงานที่ 7.1 การใช้งานมัลติมิเตอร์	2	6	8
17	บทเรียนที่ 8 ความปลอดภัย ในการปฏิบัติงานและการบำรุง รักษาเครื่องวัดไฟฟ้า	ใบงานที่ 8.1 ความปลอดภัยในการ ปฏิบัติงานและการบำรุง รักษาเครื่องวัดไฟฟ้า	1	3	4
18	ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา		1	3	4
รวม			18	54	72



คำนำ

บริษัท วังอักษร จำกัด ได้จัดทำหนังสือวิชา **เครื่องมือวัดในงานยานยนต์ไฟฟ้า (Electric Vehicle Instrumentation)** เพื่อใช้บูรณาการและประกอบการเรียนการสอน ตามหลักสูตรอาชีวศึกษา (สอศ.) หลักสูตรส่งเสริมการเรียนรู้ (สกร.) หลักสูตรอุดมศึกษา ผู้สนใจในการพัฒนาการเรียนรู้และทักษะ หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาสาระ ใบบาง แบบฝึกหัด แบบทดสอบคู่ขนาน มีจุดประสงค์ในการยกระดับผู้เรียนให้เรียนทฤษฎีและปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะ ประสบการณ์ และการประยุกต์ใช้ได้จริง โดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ที่มีคุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ และกิจนิสัยในการทำงาน เพื่อสร้างสมรรถนะตามความต้องการของสถานประกอบการ เนื้อหาในหนังสือเล่มนี้แบ่งออกเป็น 8 บทเรียน คือ **บทเรียนที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า บทเรียนที่ 2 โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และแคลมป์มิเตอร์ บทเรียนที่ 3 โอห์มมิเตอร์ มิลลิโอห์มมิเตอร์ เมกะโอห์มมิเตอร์ (อินซูเลชั่นมิเตอร์) บทเรียนที่ 4 เครื่องวัดความต้านทานแบบบริดจ์และวัดต์มิเตอร์ บทเรียนที่ 5 กิโลวัตต์ฮาร์มิเตอร์และออสซิลโลสโคป บทเรียนที่ 6 เครื่องวิเคราะห์ปัญหาทางยานยนต์ไฟฟ้าและการขยายย่านวัด บทเรียนที่ 7 เครื่องมือวัดอื่น ๆ และบทเรียนที่ 8 ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาเครื่องวัดไฟฟ้า**

หนังสือเล่มนี้มีเนื้อหาที่ทันสมัย ตามแผนการพัฒนาศึกษาด้านวิชาชีพ ซึ่งสอดคล้องกับ ยุทธศาสตร์ชาติและแผนการศึกษาแห่งชาติ เพื่อให้ผู้เรียนมีผลลัพธ์การเรียนรู้และสมรรถนะตามมาตรฐาน อาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ (องค์การมหาชน) รหัส IV1015 อาชีพ ช่างซ่อมบำรุงรักษาทั่วไป ระดับ 3

กิตติกานต์ วรสิริประสิทธิ์



สารบัญ

บทเรียนที่ 1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า	1
1.1	หน่วย	2
1.2	สัญลักษณ์	4
1.3	ประเภทของเครื่องวัดไฟฟ้า	9
1.4	โครงสร้างและส่วนประกอบ	10
1.5	หลักการทำงานและความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดไฟฟ้า	13
1.6	คลาสของเครื่องวัด	16
1.7	ความไวและความละเอียดของเครื่องวัด	19
ใบงานที่ 1.1	ระบบหน่วยการวัด	21
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 1	23
บทเรียนที่ 2	โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ และแคลมป์มิเตอร์	25
2.1	หลักการทำงานและโครงสร้างของโวลต์มิเตอร์	26
2.2	วงจรการวัดและการอ่านค่าโวลต์มิเตอร์	27
2.3	การใช้โวลต์มิเตอร์กระแสตรง	29
2.4	ความหมายและหลักการทำงานของแอมมิเตอร์	30
2.5	วงจรการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยแอมมิเตอร์	32
2.6	การอ่านค่าและการใช้แอมมิเตอร์	33
2.7	การตรวจสอบกระแสไฟฟ้าในยานยนต์ไฟฟ้า	34
2.8	ความหมายและประเภทของแคลมป์มิเตอร์	36
2.9	หลักการทำงานและโครงสร้างของแคลมป์มิเตอร์	37
2.10	ลักษณะของการวัดและวิธีใช้แคลมป์มิเตอร์	41
2.11	การตรวจสอบยานยนต์ไฟฟ้าด้วยแคลมป์มิเตอร์	43
ใบงานที่ 2.1	การอ่านค่าโวลต์มิเตอร์กระแสตรงด้วยมัลติมิเตอร์ชนิดเข็มชี้	46
ใบงานที่ 2.2	การวัดกระแสไฟฟ้าด้วยแอมมิเตอร์	48
ใบงานที่ 2.3	การใช้แคลมป์มิเตอร์	50
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 2	52

บทเรียนที่ 3 โอห์มมิเตอร์ มิลลิโอห์มมิเตอร์ เมกะโอห์มมิเตอร์ (อินซูเลชั่นมิเตอร์) 56

3.1 ความหมายวงจรและโครงสร้างของโอห์มมิเตอร์	57
3.2 การอ่านค่าและการใช้โอห์มมิเตอร์	58
3.3 มิลลิโอห์มมิเตอร์	61
3.4 เมกะโอห์มมิเตอร์ (อินซูเลชั่นมิเตอร์)	63
3.5 การตรวจสอบยานยนต์ไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดแบบต่าง ๆ	70
ใบงานที่ 3.1 การวัดและอ่านค่าโอห์มมิเตอร์ด้วยมัลติมิเตอร์	74
ใบงานที่ 3.2 การวัดและอ่านค่าโอห์มมิเตอร์ด้วยมิลลิโอห์มมิเตอร์	76
ใบงานที่ 3.3 การวัดและอ่านค่าโอห์มมิเตอร์ด้วยเมกะโอห์มมิเตอร์	78
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 3	81

บทเรียนที่ 4 เครื่องวัดความต้านทานแบบบริดจ์และวัตต์มิเตอร์ 83

4.1 ความหมายของวงจรบริดจ์กระแสตรงและเครื่องวัดแบบบริดจ์	84
4.2 ลักษณะของวงจรบริดจ์กระแสตรง	84
4.3 เครื่องวัดอาร์แอลซีบริดจ์แบบดิจิทัล	87
4.4 การวัดความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และค่าเหนี่ยวนำแบบบริดจ์ในยานยนต์ไฟฟ้า	90
4.5 ความหมายของวัตต์มิเตอร์และค่ากำลังไฟฟ้า	91
4.6 การวัดและการอ่านค่าไฟฟ้าด้วยวัตต์มิเตอร์	92
4.7 การใช้วัตต์มิเตอร์	94
4.8 การใช้วัตต์มิเตอร์ในงานยานยนต์ไฟฟ้า	95
ใบงานที่ 4.1 การวัดความต้านทาน ตัวเก็บประจุ ค่าเหนี่ยวนำแบบบริดจ์	99
ใบงานที่ 4.2 การใช้งานวัตต์มิเตอร์	102
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 4	105

บทเรียนที่ 5 กิโลวัตต์ฮาร์มิเตอร์และออสซิลโลสโคป 109

5.1 ความหมายและหลักการทำงานของกิโลวัตต์ฮาร์มิเตอร์	110
5.2 การอ่านค่ามิเตอร์ไฟฟ้า 15 (45) A	114
5.3 ความหมายและหลักการทำงานของออสซิลโลสโคป	114
5.4 โครงสร้างและส่วนประกอบของออสซิลโลสโคป	115
5.5 บล็อกไดอะแกรมของออสซิลโลสโคป	118

5.6 การวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยออสซิลโลสโคป	119
5.7 การใช้เครื่องออสซิลโลสโคปในงานยานยนต์ไฟฟ้า	120
ใบงานที่ 5.1 การใช้งานกิโวลต์ฮาร์ดมิเตอร์	124
ใบงานที่ 5.2 การใช้งานออสซิลโลสโคป	126
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 5	129

บทเรียนที่ 6 เครื่องวิเคราะห์ปัญหาทางยานยนต์ไฟฟ้าและการขยายย่านวัด	133
6.1 เครื่องวิเคราะห์ปัญหาทางยานยนต์ไฟฟ้า	134
6.2 ความหมายและความผิดพลาดในการวัด	138
6.3 การวัดเพื่อวิเคราะห์ระบบยานยนต์ไฟฟ้า	140
6.4 วิธีการเซนเซอร์วัดกระแสไฟฟ้า	141
6.5 การขยายย่านวัดของโวลต์มิเตอร์	143
6.6 การขยายย่านวัดของแอมมิเตอร์	146
ใบงานที่ 6.1 การติดตั้งเครื่องวิเคราะห์ปัญหาทางยานยนต์ไฟฟ้า	148
ใบงานที่ 6.2 การขยายย่านการวัดเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้า	150
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 6	152

บทเรียนที่ 7 เครื่องมือวัดอื่น ๆ	155
7.1 มัลติมิเตอร์	156
7.2 เพาเวอร์แฟกเตอร์มิเตอร์	158
7.3 เครื่องทดสอบไฟฟ้ารั่ว	159
7.4 เครื่องบันทึกแรงดันไฟฟ้า	159
7.5 เครื่องจ่ายไฟกระแสตรง	160
7.6 เครื่องตรวจหากระแสไฟฟ้า	160
7.7 เครื่องวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	160
7.8 เครื่องวัดความเข้มแสง	161
7.9 เครื่องเทอร์โมสแกน	161
7.10 การใช้มัลติมิเตอร์ตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ในยานยนต์ไฟฟ้า	162
ใบงานที่ 7.1 การใช้งานมัลติมิเตอร์	165
แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 7	168

บทเรียนที่ 8	ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาเครื่องวัดไฟฟ้า	170
8.1	มาตรฐานความปลอดภัย	171
8.2	ปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่มีผลต่อร่างกาย	172
8.3	ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการใช้เครื่องมือวัดไฟฟ้า	173
8.4	วิธีการบำรุงรักษาเครื่องวัดไฟฟ้า	175
ใบงานที่ 8.1	ความปลอดภัยในการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาเครื่องวัดไฟฟ้า	179
	แบบฝึกหัดบทเรียนที่ 8	181

บรรณานุกรม	183
------------	-----

บทเรียนที่ 1

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องวัดไฟฟ้า



หัวเรื่องหลัก

- | | |
|------------------------------|--|
| 1.1 หน่วย | 1.5 หลักการทำงานและความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดไฟฟ้า |
| 1.2 สัญลักษณ์ | 1.6 คลาสของเครื่องวัด |
| 1.3 ประเภทของเครื่องวัดไฟฟ้า | 1.7 ความไวและความละเอียดของเครื่องวัดไฟฟ้า |
| 1.4 โครงสร้างและส่วนประกอบ | |



ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับบทเรียน

ใช้งานหน่วยวัด สัญลักษณ์ และคำนวณค่าต่าง ๆ ในเครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้ในยานยนต์ไฟฟ้าได้



แนวคิดหลัก

ในงานอาชีพช่างซ่อมบำรุงรักษารถยนต์ไฟฟ้า จำเป็นต้องใช้เครื่องวัดไฟฟ้าและใช้งานได้อย่างชำนาญ จึงจะทำให้การวิเคราะห์ ตรวจสอบ ประเมินค่าต่าง ๆ เป็นไปอย่างถูกต้องแม่นยำ

หน่วยวัดและสัญลักษณ์ การทำความเข้าใจหน่วยวัดมาตรฐาน (SI Unit) และสัญลักษณ์ต่าง ๆ ของเครื่องวัดไฟฟ้า จึงมีความสำคัญและเป็นที่ยอมรับในระดับสากล เพื่อให้สื่อสารและใช้งานได้อย่างถูกต้อง

ประเภทและโครงสร้างพื้นฐานของเครื่องวัด เครื่องวัดไฟฟ้ามีหลายประเภท มีวิธีการใช้งาน โครงสร้างและส่วนประกอบหลักที่แตกต่างกัน ในบทเรียนนี้จะทำให้เข้าใจหลักการทำงานพื้นฐานของเครื่องวัดไฟฟ้า เพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้การใช้งาน การอ่านค่า และการแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในภายหลัง ทำให้เห็นภาพรวมของอุปกรณ์ก่อนลงลึกในรายละเอียดการทำงานในบทเรียนต่อไป



สมรรถนะการเรียนรู้

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการเลือกและเตรียมเครื่องวัดชนิดต่าง ๆ ตามสมรรถนะย่อย IV1015-1
2. ใช้งานเครื่องมือวัดให้ถูกต้องตามสมรรถนะย่อย IV1015-2



จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายระบบหน่วยวัด SI และสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าของเครื่องวัดไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง
2. เข้าใจประเภทและโครงสร้างเครื่องมือวัดไฟฟ้าเบื้องต้นได้
3. คำนวณค่าความคลาดเคลื่อนและความถูกต้องได้
4. เลือกและเตรียมเครื่องมือวัดให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานยานยนต์ไฟฟ้า
5. ปฏิบัติตนตามข้อกำหนดมาตรฐาน IV1015-1 ในการเตรียมเครื่องมือวัดยานยนต์ไฟฟ้า
6. ประยุกต์ใช้งานและดูแลเครื่องมือวัดตามมาตรฐาน IV1015-2 อย่างปลอดภัยและมีความรับผิดชอบ

สแกนเพื่อดู
e-book
4 ลี





เนื้อหาสาระ

เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่ใช้ในงานยานยนต์ไฟฟ้า มีโครงสร้างการทำงาน ลักษณะการใช้งานที่ผู้ปฏิบัติงาน ยานยนต์ไฟฟ้าจะต้องเรียนรู้และศึกษา เพื่อให้เกิดทักษะการเลือกใช้ และการตรวจสอบค่าความคลาดเคลื่อน ความถูกต้อง เพื่อตรวจสอบค่าผิดพลาดของเครื่องวัด ที่ส่งผลถึงความเที่ยงตรงและความไวของเครื่องวัด

1.1 หน่วย

หน่วย (Unit) ในระบบ (International System of Units) เป็นหน่วยที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เป็นที่ยอมรับทั่วโลก รูปแบบของระบบเมตริก ปริมาณ หน่วย และสัญลักษณ์ของระบบ SI ดังนี้

ตารางที่ 1.1 หน่วยพื้นฐาน

ปริมาณ	ตัวย่อ	หน่วย	อักษรย่อแทนหน่วย
1. เวลา	t	วินาที	s
2. มวล	m	กิโลกรัม	kg
3. ความยาว	l	เมตร	m
4. กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์	A
5. อุณหภูมิทางเทอร์โมไดนามิก	T	เคลวิน	K
6. ความเข้มของการส่องสว่าง	–	เคลเดลา	cd
7. ปริมาณของสาร	n	โมล	mol

หน่วยอนุพันธ์เป็นหน่วยผสมที่เกิดจากการนำหน่วยพื้นฐานมาใช้ร่วมกัน เช่น ความเร็วมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s) ซึ่งหน่วยเมตรและวินาทีต่างก็เป็นหน่วยพื้นฐานเหมือนกัน ดังตัวอย่าง ต่อไปนี้

ตารางที่ 1.2 หน่วยอนุพันธ์ทางกล

ปริมาณ	ตัวย่อ	หน่วย	อักษรย่อแทนหน่วย
1. พื้นที่	A	ตารางเมตร	m ²
2 ปริมาตร	V	ลูกบาศก์เมตร	m ³
3. ความเร็ว	v	เมตรต่อวินาที	m/s
4. ความเร็วเชิงมุม	ω	เรเดียนต่อวินาที	rad/s
5. ความเร่ง	a	เมตรต่อวินาที ²	m/s ²
6. พลังงาน	W	นิวตัน-เมตร	N-m
7. ความหนาแน่น	D	กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร	kg/m ³

ตารางที่ 1.3 หน่วยปริมาณทางไฟฟ้า

ปริมาณ	ตัวย่อ	หน่วย	อักษรย่อแทนหน่วย
1. ความต้านทานไฟฟ้า	R	โอห์ม	Ω
2 ความจุไฟฟ้า	C	ฟารัด	F
3. ความเหนี่ยวนำไฟฟ้า	L	เฮนรี่	H
4. กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์	A
5. แรงดันไฟฟ้า	V	โวลต์	V
6. กำลังไฟฟ้า	P	วัตต์	W
7. ความถี่ไฟฟ้า	f	เฮิร์ตซ์	Hz
8. ฟลักซ์แม่เหล็ก	Φ	เวเบอร์	Wb
9. การส่องสว่าง	–	ลักซ์	lx

การวัดปริมาณต่าง ๆ ในบางครั้งอาจได้ค่าตัวเลขมากมาย ๆ ล้านหรือน้อยมาก ๆ เพื่อให้ง่ายแก่การเขียนและจดจำ จึงกำหนดชื่อประกอบเข้ากับหน่วยในระบบ SI โดยมีพื้นฐานมาจากการยกกำลังของเลข 10 ดังนี้

ตารางที่ 1.4 รูปแบบชื่อเรียกประกอบหน่วยต่าง ๆ ในระบบ SI

ชื่อ	สัญลักษณ์	เลขยกกำลัง	ตัวคูณ
เอกซะ (exa)	E	1×10^{18}	1,000,000,000,000,000,000
เพตะ (peta)	P	1×10^{15}	1,000,000,000,000,000
เทระ (tera)	T	1×10^{12}	1,000,000,000,000
กิกะ (giga)	G	1×10^9	1,000,000,000
เมกะ (mega)	M	1×10^6	1,000,000
กิโล (kilo)	k	1×10^3	1,000
หน่วย (unit)	–	1×10^0	1
มิลลิ (milli)	m	1×10^{-3}	0.001
ไมโคร (micro)	μ	1×10^{-6}	0.000 001
นาโน (nano)	n	1×10^{-9}	0.000 000 001
พิโก (pico)	p	1×10^{-12}	0.000 000 000 001
เฟมโต (femto)	f	1×10^{-15}	0.000 000 000 000 001
แอตโต (atto)	a	1×10^{-18}	0.000 000 000 000 000 001

ในบางครั้งอาจต้องมีการเปลี่ยนแปลงหน่วยการวัดเพื่อความสะดวกในการคิดคำนวณ โดยมีหลักการทั่วไป ดังนี้

1. การเปลี่ยนหน่วยใหญ่ให้เป็นหน่วยเล็ก ผลของการเปลี่ยนหน่วยตัวเลขจะมากขึ้น

ตัวอย่างที่ 1.1 จงเปลี่ยนหน่วยของค่าความต้านทานไฟฟ้า $10\text{ M}\Omega$ ให้อยู่ในรูปของ Unit

วิธีทำ เมื่อ $1\text{ M}\Omega = 1,000,000\ \Omega$ ตัวคูณ เท่ากับ $1 \times 1,000,000 = 1,000,000$
(หน่วยใหญ่เปลี่ยนเป็นหน่วยเล็กใช้การคูณ) หรือหาตัวคูณโดยใช้เลขชี้กำลัง
นำตัวชี้กำลังของเลขยกกำลังหน่วยต้นทาง – หน่วยปลายทาง เมกะ
 $(1 \times 10^6) - \text{ยูนิท } (1 \times 10^0) = 1 \times 10^{(6-0)} = 1 \times 10^6 = 1,000,000$
 $10\text{ M}\Omega \times 1,000,000 = 10,000,000\ \Omega$

ดังนั้น ค่าความต้านทานไฟฟ้า $10\text{ M}\Omega$ มีค่าเท่ากับ $10,000,000\ \Omega$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 1.2 จงเปลี่ยนหน่วยของค่ากระแสไฟฟ้า 15 mA ให้อยู่ในรูปของ kA

วิธีทำ เมื่อ $1,000\text{ mA} = 1\text{ A}$ และ $1,000\text{ A} = 1\text{ kA}$
ตัวคูณเท่ากับ $1 \div (1,000 \times 1,000) = 0.000001$ (หน่วยเล็กเปลี่ยนเป็นหน่วยใหญ่ใช้การหาร)
หรือหาตัวคูณโดยใช้เลขชี้กำลังนำ กำลังของเลขยกกำลังหน่วยต้นทาง – หน่วยปลายทาง มิลลิ
 $(1 \times 10^{-3}) - \text{กิโลกรัม } (1 \times 10^3) = 1 \times 10^{-3-(3)} = 1 \times 10^{-6}$
 $= 0.000001\ 15\text{ mA} \times 0.000001 = 0.000015\text{ kA}$

ดังนั้น ค่ากระแสไฟฟ้า 15 mA มีค่าเท่ากับ 0.000015 kA

ตอบ

1.2 สัญลักษณ์

เครื่องวัดไฟฟ้าเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับช่างไฟฟ้าวิศวกร และผู้ที่ปฏิบัติงานเกี่ยวกับไฟฟ้า เนื่องจากเครื่องวัดไฟฟ้าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในงานวัดและงานทดสอบงานตรวจเช็ค เพื่อตรวจสอบบำรุงรักษาระบบไฟฟ้า ตลอดจนงานควบคุมปริมาณการใช้ พลังงานไฟฟ้าของบ้านพักอาศัย และโรงงานอุตสาหกรรมขนาดต่าง ๆ เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้งานทั่วไปมีอยู่หลายชนิด แต่ละชนิดใช้งานต่างกัน ดังนั้นเพื่อให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน จึงมีการกำหนดเป็นสัญลักษณ์ (Symbol) ของเครื่องวัดไฟฟ้าได้ 4 ประเภท ดังนี้

1.2.1 สัญลักษณ์ที่บอกชนิดของเครื่องมือวัดไฟฟ้า

เป็นสัญลักษณ์เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่สำคัญและพบบ่อย โดยใช้เป็นเครื่องวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ

ตารางที่ 1.5 สัญลักษณ์ที่บอกชนิดของเครื่องวัดไฟฟ้า

ลำดับที่	สัญลักษณ์ (Symbol)	ความหมาย (Meaning)
1	$\textcircled{G}$	กัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer)
2	$\textcircled{\mu A}$	ไมโครแอมมิเตอร์ (Microammeter)
3	$\textcircled{mA}$	มิลลิแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Milliammeter)
4	$\textcircled{A}$	แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Ammeter)
5	$\textcircled{\sim A}$	แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Ammeter)
6	$\textcircled{\sim A}$	แอมมิเตอร์ใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสสลับ (DC/AC Ammeter)
7	$\textcircled{\Omega}$	โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter)
8	$\textcircled{M\Omega}$	เมกะโอห์มมิเตอร์ (Megaohmmeter)
9	$\textcircled{kWh}$	กิโลวัตต์ฮาวร์มิเตอร์ (Kilowatthour Meter)
10	$\textcircled{\sim W}$	วัตต์มิเตอร์ 3 เฟส (Three Phase Wattmeter)
11	$\textcircled{W}$	วัตต์มิเตอร์ 1 เฟส (Single Phase Wattmeter)
12	$\textcircled{Var}$	วาร์มิเตอร์ (Varmeter)
13	$\textcircled{\cos\phi}$	เพาเวอร์แฟคเตอร์มิเตอร์ (Power Factor Meter)
14	$\textcircled{V}$	โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltmeter)
15	$\textcircled{\sim V}$	โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltmeter)
16	$\textcircled{\sim V}$	โวลต์มิเตอร์ใช้ได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรง และไฟฟ้ากระแสสลับ (DC/AC Voltmeter)
17	$\textcircled{mV}$	มิลลิโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Millivoltmeter)
18	$\textcircled{H_z}$	เครื่องวัดความถี่ไฟฟ้า (Frequency Meter)

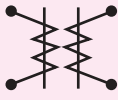
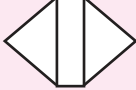
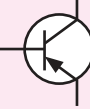
1.2.2 สัญลักษณ์ที่บอกโครงสร้างการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า

โดยทั่วไปจะประกอบด้วยสัญลักษณ์ที่แสดงถึงชนิดของเครื่องมือและส่วนประกอบสำคัญต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้า ช่วยให้เข้าใจการทำงานและการเชื่อมต่อของเครื่องวัดได้อย่างรวดเร็วและง่ายดาย

ตารางที่ 1.6 สัญลักษณ์ที่บอกโครงสร้างการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า

ลำดับที่	สัญลักษณ์ (Symbol)	ความหมาย (Meaning)
1		เครื่องวัดแบบอิเล็กโตรไดนามิก (Electrodynamic Instrument)
2		เครื่องวัดแบบอิเล็กโตรไดนามิกที่มีเหล็กกำบัง (Electrodynamic Instrument With Iron) Shutter
3		เครื่องวัดแบบอิเล็กโตรไดนามิกแบบสนามแม่เหล็กไขว้ (Electrodynamic Instrument Quotien Meter)
4		เครื่องวัดแบบอิเล็กโตรไดนามิกแบบสนามแม่เหล็กไขว้ มีเหล็กกำบัง (Electrodynamic Instrument Quotien Meter With Iron Shutter)
5		เครื่องวัดแบบเหนี่ยวนำ (Induction Instrument)
6		เครื่องวัดแบบเหนี่ยวนำ ชนิดวัดอัตราส่วน (Induction Instrument Ratio Meter)
7		เครื่องวัดที่มีเหล็กกำบัง (Instrument With Iron Shutter)
8		เครื่องวัดที่มีกำบังไฟฟ้าสถิตย์ (Instrument With Electrostatic Shutter)
9		ปรับตำแหน่งศูนย์ (Zero Adjust)
10		เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil Instrument)
11		เครื่องวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่มีอุปกรณ์เรียงกระแส (Moving Coil Instrument With Rectifier)
12		เครื่องวัดแบบขดลวดไขว้ (Cross Coil Instrument)

ตารางที่ 1.6 สัญลักษณ์ที่บอกโครงสร้างการทำงานของเครื่องวัดไฟฟ้า (ต่อ)

ลำดับที่	สัญลักษณ์ (Symbol)	ความหมาย (Meaning)
13		เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ชนิดวัดอัตราส่วน (Moving Iron Ratio Meter)
14		เครื่องวัดแบบแผ่นเหล็กเคลื่อนที่ (Moving Iron Instrument)
15		เครื่องวัดแบบก้านสั่น (Vibration Instrument)
16		เครื่องวัดแบบแม่เหล็กเคลื่อนที่ (Moving Instrument)
17		เครื่องวัดแบบไฟฟ้าสถิต (Electrostatic Field Instrument)
18		เครื่องวัดแบบเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple Instrument)
19	DIODE PROTECTION	ไดโอดป้องกันมาตรวัด (DIODE PROTECTION)
20		เครื่องวัดชนิดลวดร้อน (Hotwire Instrument)
21		จัดเรียงด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ขณะทำการทดสอบ
22		มีฉนวนป้องกัน (Insulator Protection)
23		ข้อควรระวัง (ควรศึกษาคู่มือก่อนใช้งาน) (CAUTION)
24		ผ่านการทดสอบฉนวนที่แรงดัน 500 V (ทดสอบวงจรไฟฟ้ากับโครง ของเครื่องวัด) (Test Voltage)
25		ผ่านการทดสอบฉนวนที่แรงดัน 3 kV (ทดสอบวงจรไฟฟ้ากับโครงของเครื่องวัด มีหน่วยเป็น kV) (Test Voltage)
26		อันตรายให้เพิ่มความระวังเมื่อต้องการวัดแรงดันไฟฟ้าสูง ๆ (DANGER)
27		อุปกรณ์เรียงกระแส (Diode Rectifier)

1.2.3 สัญลักษณ์ที่บอกลักษณะการใช้งานของเครื่องวัดไฟฟ้า

สัญลักษณ์ประเภทนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องมือและปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการวัด โดยทั่วไปสัญลักษณ์เหล่านี้จะปรากฏบนตัวเครื่องหรือในคู่มือการใช้งาน

ตารางที่ 1.7 สัญลักษณ์ที่บอกลักษณะการใช้งาน

ลำดับที่	สัญลักษณ์ (Symbol)	ความหมาย (Meaning)
1	—	ใช้วัดไฟฟ้ากระแสตรงอย่างเดียวเท่านั้น
2	~	ใช้วัดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างเดียวเท่านั้น
3	—~	ใช้วัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ
4	~3	ใช้วัดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส
5	⊥	ขณะใช้งานให้ตั้งเครื่องวัดในแนวตั้งฉากกับพื้น
6	□	ขณะใช้งานให้ตั้งเครื่องวัดในแนวระดับ (นอน) กับพื้น
7	60°	ขณะใช้งานให้ตั้งเครื่องวัดในแนวทำมุม 60° กับพื้น

1.2.4 สัญลักษณ์ที่บอกค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดไฟฟ้า

สัญลักษณ์ที่บอกค่าความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดไฟฟ้า โดยทั่วไปจะอยู่ในรูปของ % (เปอร์เซ็นต์) ของค่าที่อ่านได้ หรือของค่าสูงสุดที่เครื่องมือวัดสามารถวัดได้

ตารางที่ 1.8 สัญลักษณ์ที่บอกความคลาดเคลื่อนของเครื่องวัดไฟฟ้า

ลำดับที่	สัญลักษณ์ (Symbol)	ความหมาย (Meaning)
1	0.1	ความคลาดเคลื่อนจากการวัด 0.1%
2	1.5	ความคลาดเคลื่อนจากการวัด 1.5%
3	5	ความคลาดเคลื่อนจากการวัด 5%

1.3 ประเภทของเครื่องวัดไฟฟ้า

ประเภทของเครื่องวัดไฟฟ้า (Type of Instrument) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาเพื่อการใช้งานวัดค่าของปริมาณทางไฟฟ้า มีจำนวนมากมายหลายแบบหลายชนิด และมีลักษณะการใช้งานแตกต่างกันออกไปตามรุ่นที่บริษัททำการผลิต แต่สามารถแบ่งแบบกว้าง ๆ ได้ 2 ประเภทด้วยกัน คือ

1.3.1 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบแอมมิเตอร์

เครื่องวัดไฟฟ้าที่บอกปริมาณที่วัดได้ในรูปของค่าคงที่ของเครื่องวัดและมุมของเข็ม ค่าบ่งชี้เบนไปโดยไม่มีการปรับแต่ง (Calibration) มาก่อน หรือไม่มีการเปรียบเทียบมาก่อน ตัวอย่างของเครื่องวัดแบบนี้ ได้แก่ แทนเจนทาล์วานอมิเตอร์ (Tangent Galvanometer) จำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ (Moving Coil) รัศมีของขดลวดเคลื่อนที่ จำนวนรอบของขดลวดเคลื่อนที่ และสนามแม่เหล็กโลกในแนวนอน ส่วนใหญ่จะใช้ในห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น



1.3.2 เครื่องวัดไฟฟ้าแบบเช็กกันดาร์รี

เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นมาเพื่อวัดปริมาณทางไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ โดยทั่วไปเป็นเครื่องวัดที่แสดงค่าของปริมาณทางไฟฟ้าได้โดยตรง สามารถอ่านค่าที่วัดได้เลย เพราะมีการปรับแต่งและเปรียบเทียบมาตรฐานในการวัดเรียบร้อยแล้ว (pre-calibration) เครื่องวัดชนิดนี้ ได้แก่ แอมมิเตอร์ โวลต์มิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ และวัตต์มิเตอร์ เป็นต้น เครื่องวัดแบบเช็กกันดาร์รีแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามลักษณะของค่าปริมาณทางไฟฟ้าที่แสดงผลออกมา ดังนี้

1. เครื่องวัดไฟฟ้าแบบแอนะล็อก (Analog Instrument)

เป็นเครื่องวัดไฟฟ้าที่แสดงค่าปริมาณการวัดจากการบ่งชี้ของเข็มชี้ค่า และอ่านค่าที่ได้จากสเกลของเครื่องวัดไฟฟ้า

2. เครื่องวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล (Digital Instrument)

เป็นเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่แสดงผลออกมาเป็นตัวเลข โดยใช้ LED 7 Segment หรือจอ LCD เป็นตัวแสดงผล

รูปที่ 1.1 แทนเจนทาล์วานอมิเตอร์

(Tangent Galvanometer)

ที่มา : www.suppliers.jimtrade.com



รูปที่ 1.2 เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบแอนะล็อก

ที่มา : <https://shorturl.asia/fCs1o> ,
<https://shorturl.asia/oPb80>

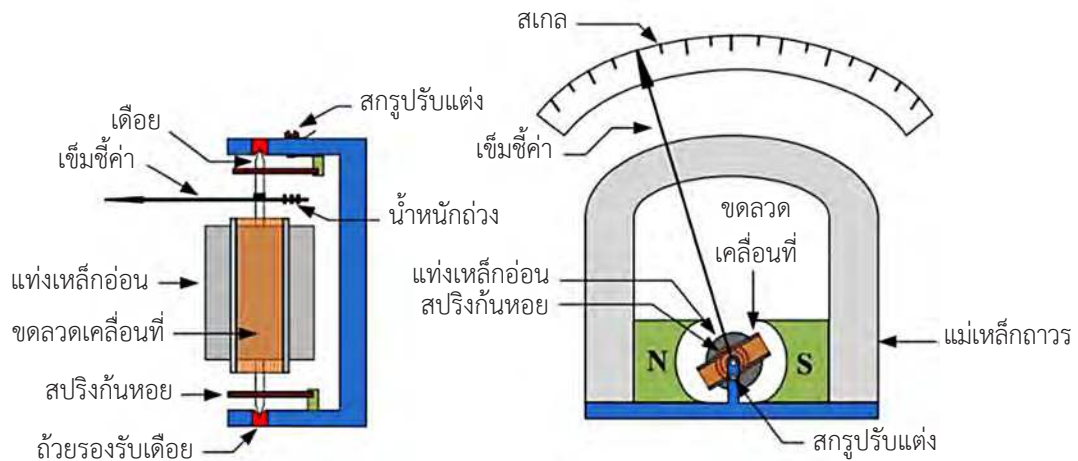


รูปที่ 1.3 เครื่องมือวัดไฟฟ้าแบบดิจิทัล

ที่มา : <https://shorturl.asia/xzpaw>

1.4 โครงสร้างและส่วนประกอบ

ในปัจจุบันมีบริษัทที่ผลิตเครื่องวัดไฟฟ้าขึ้นมาใช้งาน มีจำนวนมากหลากหลายรูปแบบ โดยพยายามออกแบบใหม่ขนาดและรูปร่างสวยงาม สะดวกในการใช้งาน แม้ว่าจะมีการผลิตมีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างกัน แต่มีโครงสร้างและส่วนประกอบเบื้องต้นดังรูปที่ 1.4



รูปที่ 1.4 โครงสร้างของเครื่องวัดไฟฟ้าแบบขดลวดเคลื่อนที่

ที่มา : <https://shorturl.asia/3aUPd>

1.4.1 ส่วนที่เคลื่อนที่

ส่วนที่เคลื่อนที่ คือ ส่วนที่ทำให้เข็มชี้ค่าของเครื่องวัดไฟฟ้าเกิดการเคลื่อนที่ไปตามจำนวนของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ ได้แก่ แกนหมุน แม่เหล็กถาวรและเข็มชี้ค่าของเครื่องวัดไฟฟ้า สำหรับเข็มชี้ค่า (Pointer) ของเครื่องวัดไฟฟ้า เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ไปตามจำนวนของกระแสไฟฟ้า เพื่อบอกค่าปริมาณทางไฟฟ้าในขณะทำการวัดที่ผลิตขึ้นมาใช้งาน สามารถแยกได้ เป็น 3 แบบคือ แบบลูกศร แบบหอก และแบบสันมีด



รูปที่ 1.5 เข็มชี้แบบต่าง ๆ

ที่มา : <https://shorturl.asia/3aUPd>

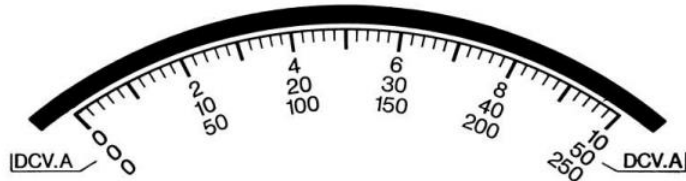
1.4.2 ส่วนที่อยู่กับที่

ส่วนที่อยู่กับที่ คือ ส่วนที่อยู่นิ่งไม่มีการเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งเดิม ได้แก่ โครง (Frame) แม่เหล็กถาวร สเกลของมิเตอร์และส่วนที่รองรับแกนหมุน

1.4.3 สเกลของเครื่องวัดไฟฟ้า

สเกลของเครื่องวัดไฟฟ้า คือ มาตรฐานความกว้างของช่องที่บอกขนาดปริมาณทางไฟฟ้า มีทั้งชนิดที่มีตัวเลขกำกับ (ดิจิทัล) และแบบเข็ม (แอนะล็อก) สเกลแบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

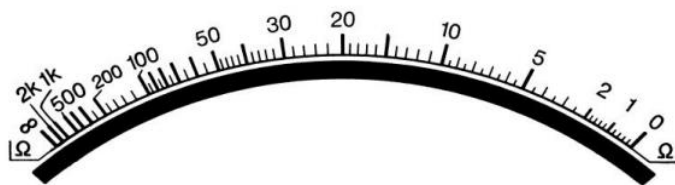
1. **สเกลแบบลิเนียร์ (Linear Scale)** เป็นสเกลที่มีระยะห่างของแต่ละช่อง และค่าตัวเลขห่างเท่ากัน ๆ ตลอดทั้งสเกล



รูปที่ 1.6 สเกลแบบลิเนียร์

ที่มา : <https://shorturl.asia/Y8zTX>

2. **สเกลแบบนัลลิเนียร์ (Nonlinear Scale)** เป็นสเกลที่มีระยะห่างของแต่ละช่อง และค่าตัวเลขห่างไม่เท่ากันตลอดทั้งสเกล

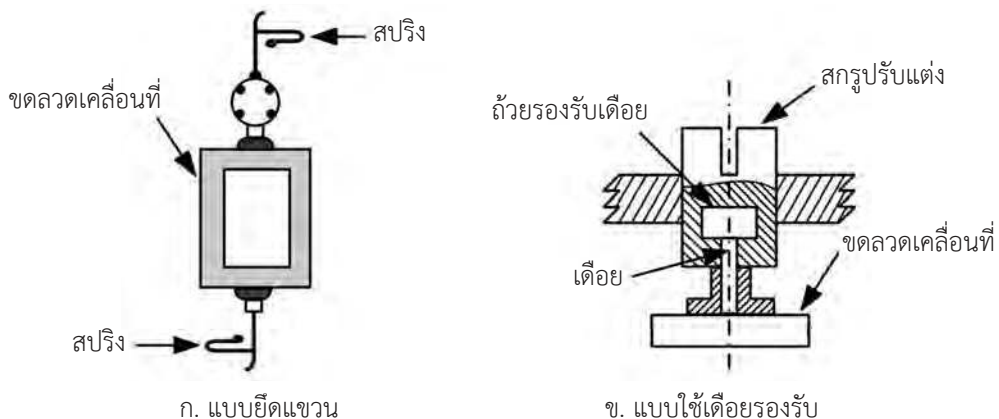


รูปที่ 1.7 สเกลแบบนัลลิเนียร์

ที่มา : <https://shorturl.asia/Y8zTX>

1.4.4 อุปกรณ์รองรับแกนหมุน

อุปกรณ์รองรับแกนหมุน เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการรองรับแกนหมุนของส่วนที่เคลื่อนที่โดยจะต้องมีความฝืดน้อยมาก เพื่อให้แกนหมุนเคลื่อนที่ได้ แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบยึดแฉวนและแบบใช้เดือยรองรับ



รูปที่ 1.8 อุปกรณ์รองรับแกนหมุน

ที่มา : <https://shorturl.asia/3aUPd>