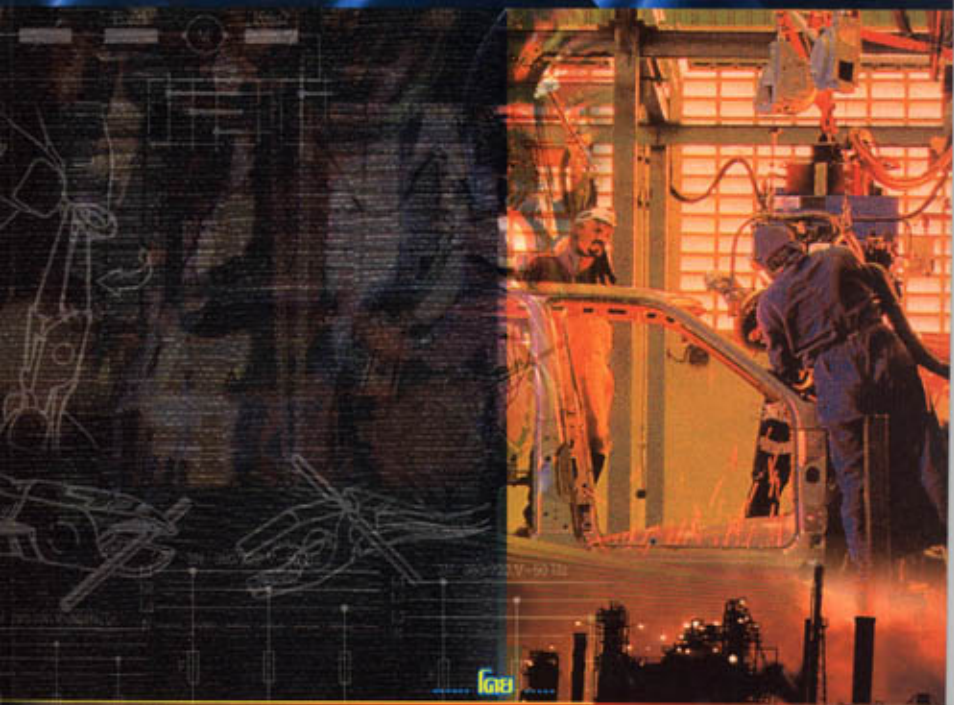




ชื่อหนังสือ ไฟฟ้าอุตสาหกรรม
บาร์โค้ด 9789743890543
ISBN 974-389-054-8

ไฟฟ้าอุตสาหกรรม



แผนกออกแบบและพัฒนาสื่อสาขาไฟฟ้า ฝ่ายสื่อการเรียนการสอน
สำนักพัฒนาเทคโนโลยี
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ไฟฟ้าอุตสาหกรรม

โดย
แผนกออกแบบและพัฒนาสายไฟฟ้า ฝ่ายสื่อการเรียนการสอน
สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



บริษัท **สกายบุ๊กส์ จำกัด**

หมู่บ้านรัตนโกสินทร์ 200 ปี (รังสิต)

SKYBOOK COMPANY LIMITED

515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105

E-mail : skybook1992@hotmail.com

" ไฟฟ้าอุตสาหกรรม "

พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม 2544

สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย

ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์

หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต

จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา

ไฟฟ้าอุตสาหกรรม --- กรุงเทพฯ : สกายบุ๊กส์, 2544.

224 หน้า

1. ไฟฟ้า 1. ชื่อเรื่อง

621 . 31

ISBN 974-389-054-8

S7901-30-10-01

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย



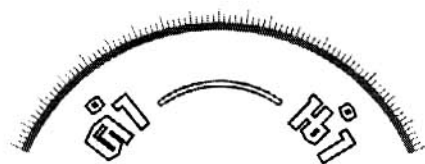
บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด (มหาชน)
SKYBOOK COMPANY LIMITED
โทร. 0-26681125-7, 0-26678119 โทรสาร. 0-26678106
112/278-8 ถนนสุขุมวิท แขวงคลองตันใต้ เขตคลองเตย กรุงเทพฯ 10110
E-mail: skybook1992@hotmail.com

"เรามุ่งหวังให้เด็กได้เรียนรู้หลังเลิกการอ่าน"

พิมพ์ที่ บริษัท สยามสปอร์ต ซินดิเคท จำกัด

459 ซอยพิบูลย์ราษฎร์ (ลาดพร้าว 48) แขวงสามเสนนอก เขตห้วยขวาง กรุงเทพฯ 10310

โทรศัพท์ : 0-26943010



หนังสือ ไฟฟ้าอุตสาหกรรม เล่มนี้ ได้พัฒนาขึ้นจากชุดสื่อการเรียนการสอนตามความร่วมมือระหว่างกรมอาชีวศึกษาและโครงการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนไทย-เยอรมัน สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาสื่อการเรียนการสอน สาขาช่างอุตสาหกรรม เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่จะออกไปประกอบอาชีพต่อไปในอนาคต

วิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรมประกอบด้วย 3 วิชาหลักในช่างไฟฟ้า คือวิชาเครื่องมือวัด วิชาการติดตั้งไฟฟ้าภายในอาคารและวิชามอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ การนำเสนอรายละเอียดเนื้อหาวิชา มีลักษณะเป็นเนื้อหาหลักที่สรุปพร้อมด้วยภาพประกอบที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้ผู้เรียนหรือผู้สอนสามารถศึกษาหรือทบทวนรายละเอียดเนื้อหาวิชาได้อย่างรวดเร็ว

หวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้ จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้เรียน ผู้สอนหรือผู้สนใจทั่วไป ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้ระบบการเรียนการสอนวิชาไฟฟ้าอุตสาหกรรมมีประสิทธิภาพสูงสุด หากมีข้อเสนอแนะประการใด ทางคณะผู้จัดทำยินดีรับฟังความคิดเห็นของท่านด้วยความขอบพระคุณอย่างสูง เพื่อเป็นข้อมูลในการพัฒนาและปรับปรุงเนื้อหาของวิชาให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

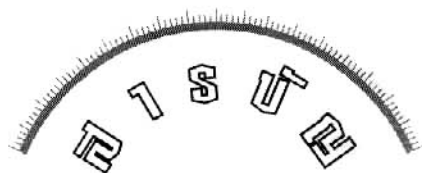
คณะผู้จัดทำ

แผนกออกแบบและพัฒนาสื่อสาขาไฟฟ้า

ฝ่ายสื่อการเรียนการสอน

สำนักพัฒนาเทคนิคศึกษา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



บทที่ 1 เครื่องมือวัดไฟฟ้า _____ 7

- ✎ มัลติมิเตอร์ _____ 8
- ✎ ส่วนประกอบของมัลติมิเตอร์ _____ 8
- ✎ ความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาด _____ 12
- ✎ การอ่านค่าจากหน้าปัด _____ 14
- ✎ การใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทาน _____ 17
- ✎ การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง _____ 18
- ✎ การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟสลับ _____ 18
- ✎ การใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง _____ 19
- ✎ การใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ _____ 19
- ✎ แคลมป์ออนมิเตอร์ _____ 19
- ✎ ส่วนประกอบภายนอกของแคลมป์ออนมิเตอร์ _____ 20
- ✎ การใช้แคลมป์ออนมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ _____ 21
- ✎ การนำแคลมป์ออนมิเตอร์ไปวัดกระแสที่มีค่าน้อย ๆ _____ 22
- ✎ ข้อควรระวังในการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องวัดไฟฟ้า _____ 22
- ✎ แบบฝึกหัดบทที่ 1 _____ 24

บทที่ 2 การเดินสาย _____ 31

- ✎ ระบบกระแสไฟฟ้า _____ 32
- ✎ การต่อขดลวดของแหล่งจ่ายไฟ 3 เฟส _____ 35
- ✎ แสงสว่าง _____ 36
- ✎ หลอดเผาไส้ _____ 37
- ✎ หลอดเผาไส้แบบฮาโลเจน _____ 39
- ✎ หลอดฟลูออเรสเซนต์ _____ 41
- ✎ หลอดโซเดียมความดันต่ำ _____ 47
- ✎ ตัวนำไฟฟ้า _____ 51

✕ ประเภทของตัวนำไฟฟ้า	51
✕ การหาขนาดของสายไฟฟ้า	54
✕ สวิตช์	57
✕ ประเภทของสวิตช์	58
✕ เติร์บ	61
✕ ระบบป้องกันทางไฟฟ้า	64
✕ การลัดวงจร	64
✕ การรั่วลงดิน	65
✕ การรั่วลงโครง	66
✕ การป้องกันไฟฟ้าดูด	67
✕ การป้องกันอันตรายเมื่อเกิดกระแสไหลเกินอัตรา	77
✕ การป้องกันกระแสไหลเกินเมื่อทำงานเกินอัตรา	84
✕ เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการเดินสายไฟฟ้า	84
✕ การต่อสายไฟฟ้า	97
✕ การปกอสายตัวนำไฟฟ้า	97
✕ การต่อระหว่างสายกับสาย	99
✕ การเข้าสายที่ขั้วต่อสาย	106
✕ การติดตั้งระบบไฟฟ้าด้วยเข็มขัดรัดสาย	109
✕ เข็มขัดรัดสายและตะปู	109
✕ การเลือกขนาดของสายที่ใช้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า	113
✕ ชนิดของวงจรทางไฟฟ้า	113

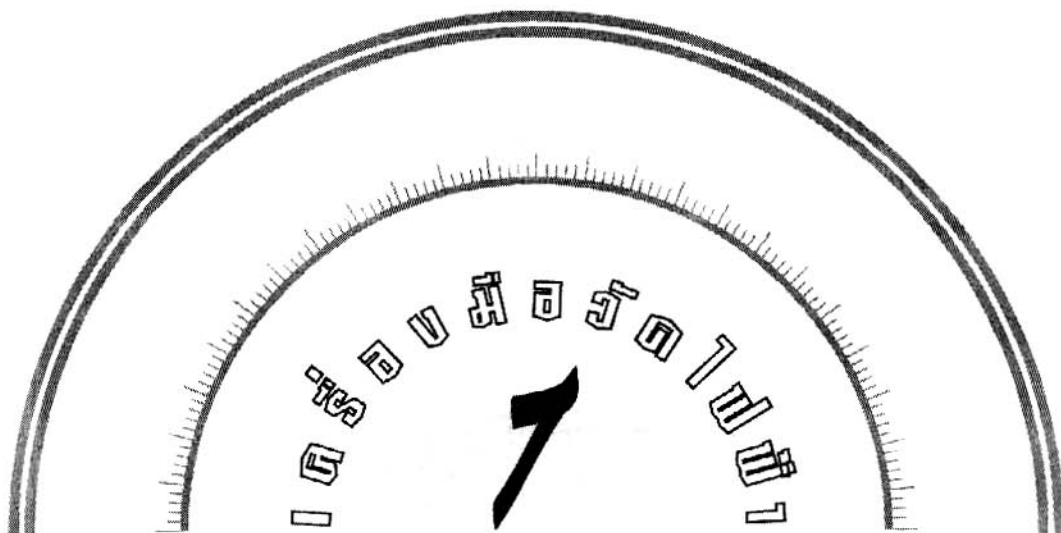
บทที่ 3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส 115

✕ มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	116
✕ สปลิตเฟสมอเตอร์	116
✕ หลักการทำงานของสปลิตเฟสมอเตอร์	119
✕ คาปาซิเตอร์มอเตอร์	123
✕ ส่วนประกอบของคาปาซิเตอร์มอเตอร์	123
✕ ชนิดของคาปาซิเตอร์มอเตอร์	123
✕ หลักการทำงานของคาปาซิเตอร์มอเตอร์	125
✕ ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์	130
✕ ส่วนประกอบที่สำคัญของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์	131

- ✕ หลักการทำงานของยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ _____ 134
- ✕ การควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส _____ 137
- ✕ การควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส หมุนทางเดียวด้วยคัตเอาต์ _____ 138
- ✕ การควบคุมมอเตอร์ 1 เฟส หมุนทางเดียวด้วยสวิตช์ป้องกันมอเตอร์ _____ 139
- ✕ การกลับทางหมุนมอเตอร์ 1 เฟส ด้วยคัตเอาต์ 2 ทาง _____ 140
- ✕ แบบฝึกหัดบทที่ 3 _____ 142

บทที่ 4 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส _____ 158

- ✕ อินดักชันมอเตอร์ 3 เฟส แบบโรเตอร์กรงกระรอก _____ 159
- ✕ การต่อมอเตอร์ 3 เฟส _____ 163
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส _____ 165
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยสวิตช์ป้องกันมอเตอร์ _____ 166
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยอินเตอร์รีพเตอร์สวิตช์ _____ 167
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยคัตเอาต์ _____ 168
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ด้วยคอนแทคเตอร์ _____ 169
- ✕ การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส _____ 175
- ✕ การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยดรัมหรือแคมสวิตช์ _____ 176
- ✕ การกลับทางหมุนมอเตอร์ 3 เฟส ด้วยคอนแทคเตอร์ _____ 178
- ✕ การควบคุมคอนแทคเตอร์เพื่อต่อวงจรให้มอเตอร์หมุนกลับทิศทาง _____ 178
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์โดยการลดกระแส _____ 184
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลต้าด้วยแคมสวิตช์ _____ 187
- ✕ การสตาร์ทมอเตอร์ 3 เฟส แบบสตาร์-เดลต้าด้วยคอนแทคเตอร์ _____ 188
- ✕ แบบฝึกหัดบทที่ 4 _____ 193



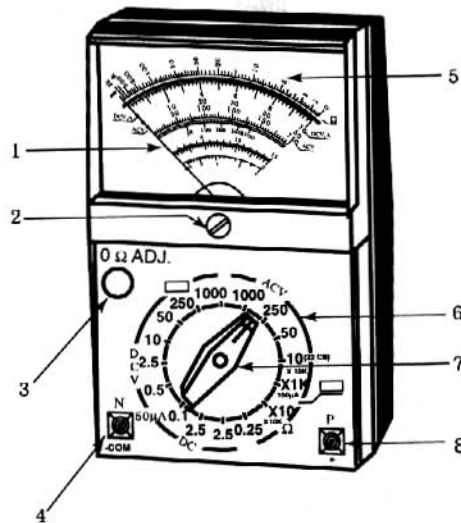
วัตถุประสงค์

1. บอกชื่อส่วนประกอบภายนอกของมัลติมิเตอร์
2. บอกหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ของมัลติมิเตอร์
3. อธิบายความหมายของสัญลักษณ์บนหน้าปัด
4. บอกถึงสาเหตุที่เกิดความคลาดเคลื่อน
5. บอกวิธีการอ่านค่าจากหน้าปัด
6. อ่านค่าจากสเกลบนหน้าปัด
7. อธิบายและเขียนวงจรในการใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทาน
8. อธิบายและเขียนวงจรในการใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง
9. อธิบายและเขียนวงจรในการใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟสลับ
10. อธิบายและเขียนวงจรในการใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง
11. อธิบายและเขียนวงจรในการใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ
12. บอกชื่อส่วนประกอบภายนอกของแคลมป์ออน
13. บอกหน้าที่ของส่วนประกอบต่าง ๆ ของแคลมป์ออน
14. อธิบายวิธีการใช้แคลมป์ออนในการวัดกระแสไฟสลับ
15. บอกข้อควรระวังในการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องมือวัดไฟฟ้า

มัลติมิเตอร์ (Multimeter)

มัลติมิเตอร์เป็นเครื่องวัดอเนกประสงค์ที่สามารถวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า สำหรับการวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า สามารถวัดได้ทั้งไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง

ส่วนประกอบภายนอกของมัลติมิเตอร์



รูปที่ 1.1 มัลติมิเตอร์

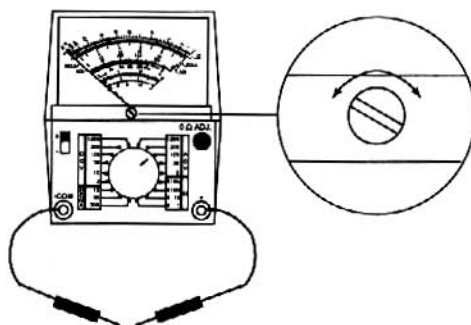
1. เข็มชี้ (Pointer) เป็นเข็มที่ชี้แสดงค่าที่วัดได้
2. สกรูปรับศูนย์ (Zero adjuster) เป็นสกรูที่ใช้ปรับให้เข็มอยู่ในตำแหน่งศูนย์
3. ปุ่มปรับศูนย์โอห์ม (Zero-ohm adjuster) เป็นปุ่มปรับให้เข็มอยู่ในตำแหน่งศูนย์โอห์ม ก่อนทำการวัดค่าความต้านทาน
4. รูเสียบสายลบ (Negative common terminal)
5. สเกล (Scale) ประกอบด้วย สเกลค่าต่าง ๆ เช่น แรงดัน กระแส ความต้านทาน เป็นต้น
6. ย่านวัด (Measurement range) เป็นตัวเลขแสดงค่าสูงสุดที่วัดได้ในแต่ละย่านวัด และประเภทการวัด
7. สวิตช์เลือกย่านวัด (Range selector switch knob) เป็นสวิตช์ที่ใช้เลือกย่านวัด และประเภทการวัด
8. รูเสียบสายบวก (Positive common terminal)

เข็มชี้ (Pointer)

เป็นตัวชี้ค่าในขณะที่ทำการวัด เข็มชี้มีลักษณะเล็กยาว น้ำหนักเบา ถูกยึดอยู่กับส่วนที่เคลื่อนที่ การอ่านค่าผู้อ่านต้องพยายามให้เข็มชี้ทับกับเงาของเข็มบนกระจก จากนั้นจึงอ่านค่าที่เข็มชี้จากสเกลของเครื่องวัด

สกรูปรับศูนย์ (Zero adjuster)

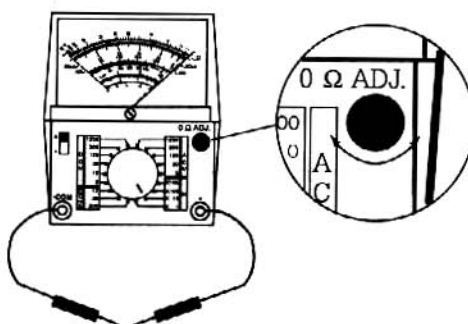
เป็นสกรูที่ใช้สำหรับปรับเข็มชี้ให้ตรงเลขศูนย์ เมื่อยังไม่ทำการวัดปริมาณทางไฟฟ้า ดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 การปรับที่สกรูปรับศูนย์ให้เข็มชี้อยู่ตรงเลขศูนย์

ปุ่มปรับศูนย์โอห์ม (Zero-ohm adjuster)

ก่อนทำการวัดค่าความต้านทาน ต้องทำการปรับให้เข็มชี้ค่าศูนย์โอห์มเสียก่อน เพื่อให้วัดค่าได้ถูกต้อง ซึ่งสามารถทำได้โดยการนำสายวัดมาแตะกัน แล้วทำการหมุนปุ่มจนกระทั่งเข็มชี้ค่าศูนย์โอห์ม และต้องทำการปรับค่าศูนย์โอห์มทุกครั้งที่เปลี่ยนย่านวัดความต้านทานใหม่ ดังรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.3 การปรับที่ปุ่มปรับศูนย์โอห์มให้เข็มชี้อยู่ตรงศูนย์โอห์ม

รูเลียบสายลบ (Negative common terminal)

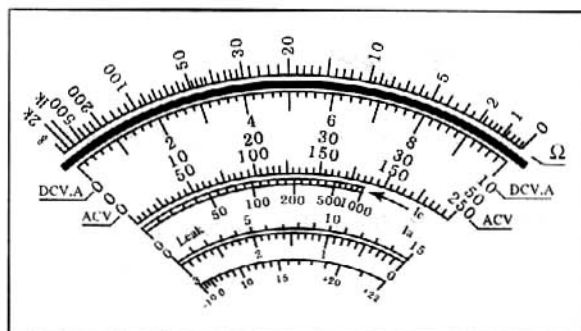
เป็นรูสำหรับเสียบสายวัดสีดำ

สเกล (Scale)

เนื่องจากมัลติมิเตอร์ เป็นเครื่องวัดค่าทางไฟฟ้าได้หลายอย่าง ดังนั้นที่หน้าปัด จึงมีสเกลของค่าต่าง ๆ แยกจากกัน เมื่ออ่านค่าต้องเลือกอ่านจากสเกลที่ถูกต้อง สเกลในมัลติมิเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ลักษณะคือ

1. สเกลแบบสม่ำเสมอ (Linear scale) เป็นสเกลที่มีอัตราส่วนระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนไปต่อระยะที่ปลายเข็มเคลื่อนที่ไปคงที่ตลอดสเกล สเกลลักษณะเช่นนี้ในมัลติมิเตอร์ ได้แก่ DCV, ACV และ ACA

2. สเกลแบบไม่สม่ำเสมอ (Non-linear scale) เป็นสเกลที่มีอัตราส่วนระหว่างปริมาณที่เปลี่ยนไปต่อระยะที่ปลายเข็มเคลื่อนที่ไปไม่แน่นอน สเกลลักษณะเช่นนี้ในมัลติมิเตอร์ ได้แก่ สเกลของโอห์ม

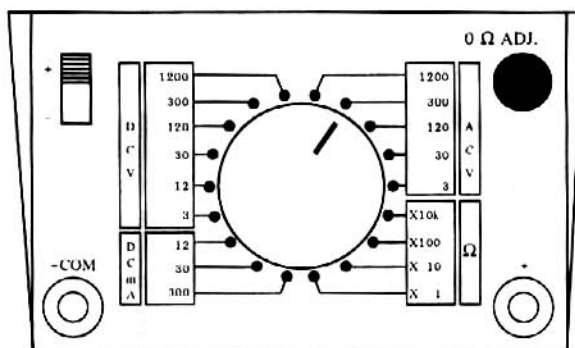


รูปที่ 1.4 สเกลบนหน้าปัดของมัลติมิเตอร์

นอกจากนี้บนหน้าปัดของมัลติมิเตอร์ จะมีกระบอกเงาวางโค้งไปตามสเกลด้วย เพื่อช่วยให้การอ่านค่าได้ถูกต้องมากที่สุด

ย่านวัด (Measurement range)

เป็นตัวบอกประเภทของปริมาณที่จะวัดและบอกค่าขีดสูงสุดในแต่ละย่านวัด การแบ่งย่านวัดและขีดสูงสุดในแต่ละย่านวัดของมัลติมิเตอร์นั้น แต่ละบริษัทแต่ละรุ่นจะแตกต่างกัน ดังนั้นต้องอ่านและเลือกย่านวัดให้ถูกต้องก่อนทำการวัด



รูปที่ 1.5 แสดงย่านวัดของมัลติมิเตอร์

จากรูปที่ 1.5 เป็นย่านวัดของมัลติมิเตอร์ซึ่งสามารถวัดค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. แรงดันไฟตรง (DCV) มี 6 ย่านวัด คือ 0-3 V, 0-12 V, 0-30 V, 0-120 V, 0-300 V และ 0-1200 V
2. แรงดันไฟสลับ (ACV) มี 5 ย่านวัด คือ 0-3 V, 0-30 V, 0-120 V, 0-300 V และ 0-1200 V
3. กระแสไฟตรง (DCmA) มี 3 ย่านวัด คือ 0-12 mA, 0-30 mA และ 0-300 A
4. ความต้านทาน (Ω) มี 4 ย่านวัด คือ X1, X10, X100 และ X10K

สวิตช์เลือกย่านวัด (Range selector switch knob)

เป็นสวิตช์ที่ทำหน้าที่ต่อวงจรภายในมิเตอร์ ทำให้สามารถวัดค่าต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ตามย่านวัด

รูเสียบสายบวก (Positive common terminal)

เป็นรูสำหรับเสียบสายวัดสีแดง

สัญลักษณ์ (Symbol)

ความหมายของสัญลักษณ์ต่าง ๆ

1. สัญลักษณ์บอกประเภทของไฟฟ้า เป็นตัวแสดงว่าเครื่องวัดใช้กับไฟฟ้ากระแสใด

- วัดไฟฟ้ากระแสตรง
- ~ วัดไฟฟ้ากระแสสลับ
- ≡ วัดไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

2. สัญลักษณ์บอกประเภทกลไกการทำงานในเครื่องวัด

-  เป็นเครื่องวัดแบบมูฟวี่งคอยล์ (Moving coil)
 เป็นเครื่องวัดแบบมูฟวี่งไอรอน (Moving iron)

3. สัญลักษณ์บอกตำแหน่งการวางเครื่องวัดขณะใช้งาน

-  ขณะใช้งาน ให้ตั้งเครื่องวัดในแนวตั้งฉากกับแนวระดับ
 ขณะใช้งาน ให้ตั้งเครื่องวัดในแนวระดับ
 ขณะใช้งาน ให้ตั้งเครื่องวัดทำมุม 60 กับแนวระดับ

ความผิดพลาดจะอยู่ในขอบเขตที่กำหนดไว้ในชั้นความเที่ยงตรง เมื่อเครื่องวัดวางในตำแหน่งที่ถูกต้อง ถ้าเครื่องวัดไม่มีสัญลักษณ์บอกตำแหน่งการวาง หมายความว่าเครื่องวัดสามารถวางใช้งานในตำแหน่งใดก็ได้

4. สัญลักษณ์บอกชั้นของความเที่ยงตรง (Accuracy class) เป็นตัวเลขแสดงอยู่บนหน้าปัด ซึ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของการเบี่ยงเบนเต็มสเกล

- 0.5 แสดงความคลาดเคลื่อน 0.5%
 1 แสดงความคลาดเคลื่อน 1%
 1.5 แสดงความคลาดเคลื่อน 1.5%

ความคลาดเคลื่อนหรือผิดพลาด (Error)

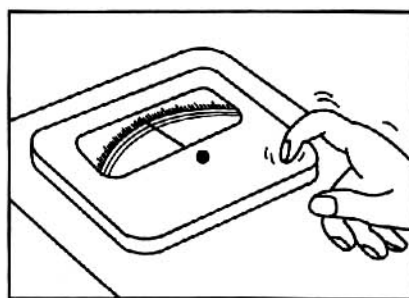
สาเหตุของความคลาดเคลื่อน มีดังนี้

1. ความคลาดเคลื่อนในเครื่องวัด (Instrument error)

ความคลาดเคลื่อนในเครื่องวัดเกิดจาก

- ก. ระยะแบ่งของขีดแบ่งสเกลของเครื่องวัดคลาดเคลื่อนไป เนื่องจากการผลิต
 ข. การงอของเข็มหรือมีเศษเหล็กอยู่ในช่องแม่เหล็ก (ในกรณีเครื่องวัดแบบมูฟวี่งคอยล์)

ค. ความผิดระหว่างเต็ยกับฐานรองเต็ย เนื่องจากเครื่องวัดที่มีส่วนเคลื่อนที่อยุ่บนเต็ย หลังจากการใช้ปลายของเต็ยจะมนมากขึ้น หรืออาจมีความชื้นเกิดขึ้นระหว่างเต็ยกับฐานรองเต็ย ซึ่งสามารถสังเกตผลเหล่านี้โดยเข็มชี้จะเคลื่อนที่ไม่เรียบ (กระตุก) เมื่อนำไปวัดปริมาณที่ค่อย ๆ เปลี่ยน เพื่อกำจัดผลเนื่องจากความผิดควรเคาะที่เครื่องวัดเบา ๆ ก่อนอ่านค่า ดังรูปที่ 1.6

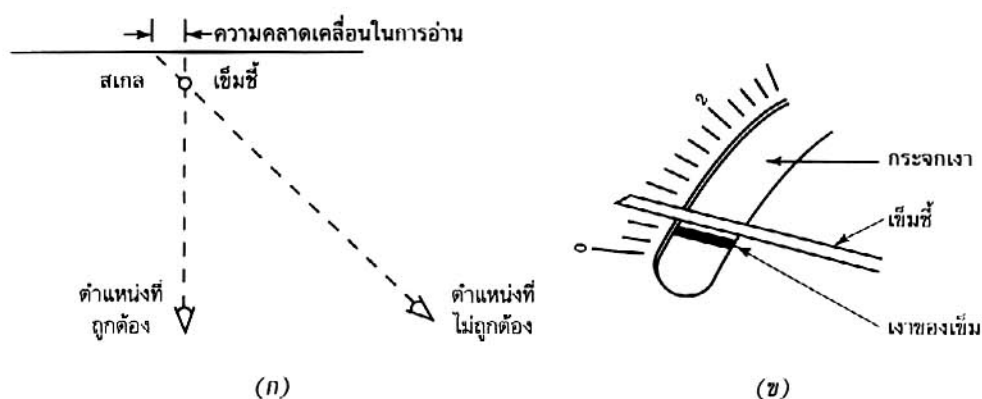


รูปที่ 1.6 การเคาะเบา ๆ ที่หน้าปัดของเครื่องวัดจะลดความผิดพลาดเนื่องจากความผิด

ง. การล้าของสปริงทำให้เข็มชี้กลับสู่ตำแหน่งศูนย์ได้ไม่ตรงตำแหน่ง

2. ความคลาดเคลื่อนในการอ่านค่า (Scale-reading error)

การอ่านค่าจากเครื่องวัดแบบเข็มชี้จะเกิดการเปลี่ยนตำแหน่งปรากฏของเข็มชี้เนื่องจากตำแหน่งตาของผู้อ่านแตกต่างกัน ดังรูปที่ 1.7 (ก) เป็นผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนจากการอ่าน วิธีกำจัดความคลาดเคลื่อนนี้ทำได้โดยใช้กระจกเงาติดอยู่ในระนาบเดียวกับสเกลใต้เข็มชี้ การอ่านค่าผู้อ่านต้องพยายามให้เข็มชี้ทับกับภาพของเข็มบนกระจก ดังรูปที่ 1.7 (ข)



รูปที่ 1.7 ความคลาดเคลื่อนในการอ่าน

3. ความคลาดเคลื่อนจากอิทธิพลภายนอก

ก. ความคลาดเคลื่อนจากตำแหน่งการวาง เครื่องวัดควรใช้งานในตำแหน่งที่กำหนดไว้บนหน้าปัด ยกเว้นเครื่องวัดที่ไม่มีสัญลักษณ์กำหนดไว้ สามารถวางใช้งานในตำแหน่งใดก็ได้ โดยที่ค่าความคลาดเคลื่อนไม่เปลี่ยนแปลง

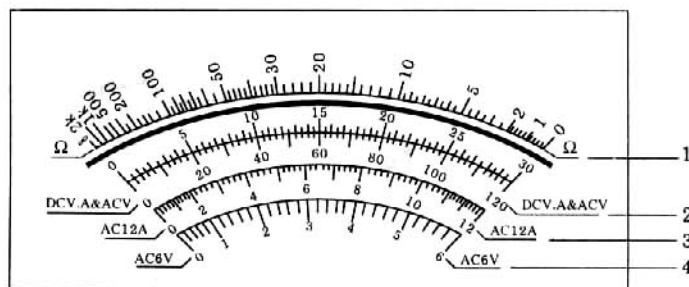
ข. ความคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิในเครื่องวัด เมื่อไม่มีการกำหนดอุณหภูมิใช้งานไว้บนหน้าปัด เครื่องวัดนั้นถูกออกแบบให้ใช้งานที่อุณหภูมิ 20°C ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจากอุณหภูมิอ้างอิงนี้มาก ๆ ความคลาดเคลื่อนก็มีมากตาม

ค. สนามแม่เหล็กภายนอก เครื่องวัดที่ใช้หลักการทำงานโดยแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้จากสนามแม่เหล็กที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้าอื่น ๆ ดังนั้นจึงไม่ควรวางใกล้อุปกรณ์ที่มีความเข้มของสนามแม่เหล็กมาก ๆ เช่น มอเตอร์ หรือ หม้อแปลง แม้กระทั่งตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมาก ถ้าวางไว้ใกล้กับเครื่องวัดอาจสร้างสนามแม่เหล็กที่มีผลต่อการวัดได้ การป้องกันจากสนามแม่เหล็กภายนอกสามารถทำได้โดยใช้เหล็กกำบังหรือเครื่องมือที่ออกแบบมาใช้ป้องกัน

การอ่านค่าจากหน้าปัด (Reading scale)

การอ่านจากหน้าปัด ต้องหาความสัมพันธ์ระหว่างย่านวัดและประเภทของการวัด กับค่าที่อ่านจากสเกล กล่าวคือ พิจารณาว่า

1. ตั้งย่านวัดไว้ตำแหน่งใด และเป็นค่าทางไฟฟ้าแบบใด (แรงดันไฟตรง แรงดันไฟสลับ กระแสไฟตรง ความต้านทาน)
2. ต้องเลือกสเกลที่อ่านให้ถูกต้อง



รูปที่ 1.8 หน้าปัดของมัลติมิเตอร์

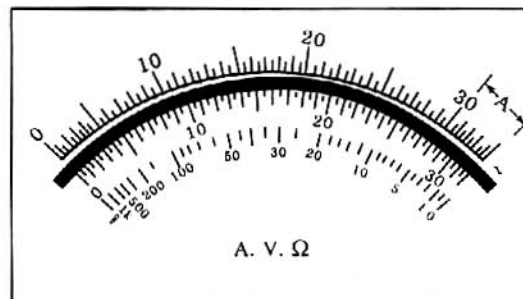
จากรูปที่ 1.8 เป็นตัวอย่างหน้าปัดของมัลติมิเตอร์

สเกลที่ 1 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดความต้านทาน

สเกลที่ 2 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดแรงดันไฟตรง หรือกระแสไฟตรง หรือแรงดันไฟสลับ

สเกลที่ 3 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดกระแสไฟสลับ 12 แอมแปร์

สเกลที่ 4 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดแรงดันไฟสลับ 6 โวลต์ เท่านั้น



รูปที่ 1.9 หน้าปัดของมัลติมิเตอร์ที่มีการเฟื่อสเกล

ในรูปที่ 1.9 เป็นหน้าปัดของมัลติมิเตอร์อีกลักษณะหนึ่ง

สเกลที่ 1 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดแรงดันไฟสลับ หรือกระแสไฟสลับ

สเกลที่ 2 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดแรงดันไฟตรง หรือกระแสไฟตรง

สเกลที่ 3 ใช้อ่านค่าเมื่อตั้งย่านวัดความต้านทาน

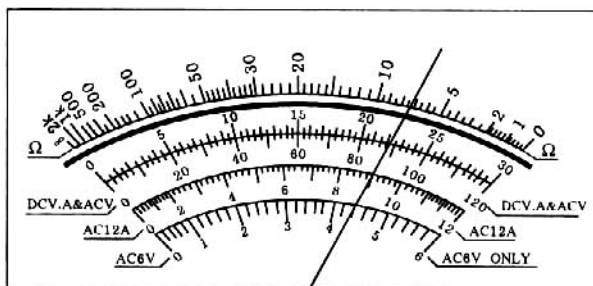
แต่หน้าปัดลักษณะนี้มีเฟื่อสเกลช่วง A ไว้ เพื่อให้อ่านค่าได้สูงกว่าย่านวัดที่ตั้งไว้

3. ค่าที่วัดได้ ในการอ่านค่าที่วัดได้ ต้องหาแฟกเตอร์ระหว่างย่านวัดกับสเกลที่ใช้ ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{แฟกเตอร์} = \frac{\text{ตำแหน่งย่านวัด}}{\text{ค่าสูงสุดของสเกล}}$$

$$\text{ค่าที่วัดได้} = \text{แฟกเตอร์} \times \text{ค่าที่อ่านจากสเกล}$$

มิเตอร์ตัวที่ 1



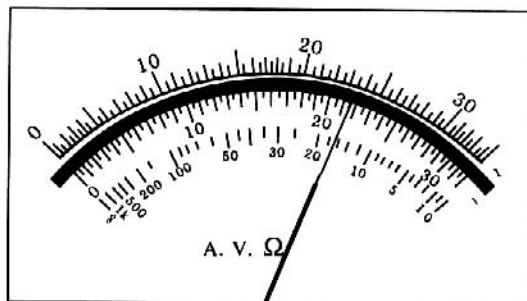
ย่านวัด 300 VAC

จากหน้าปัดของมิเตอร์ตัวที่ 1 การอ่านค่าจะใช้สเกล DCV.A&ACV ที่มีตัวเลข 0-30 และ 0-120 กำกับอยู่ ในกรณีนี้จะอ่านจากสเกล 0-30

$$\text{แฟกเตอร์} = \frac{300}{30} = 10$$

$$\text{ค่าที่วัดได้} = 10 \times 22 = 220 \text{ VAC}$$

มิเตอร์ตัวที่ 2

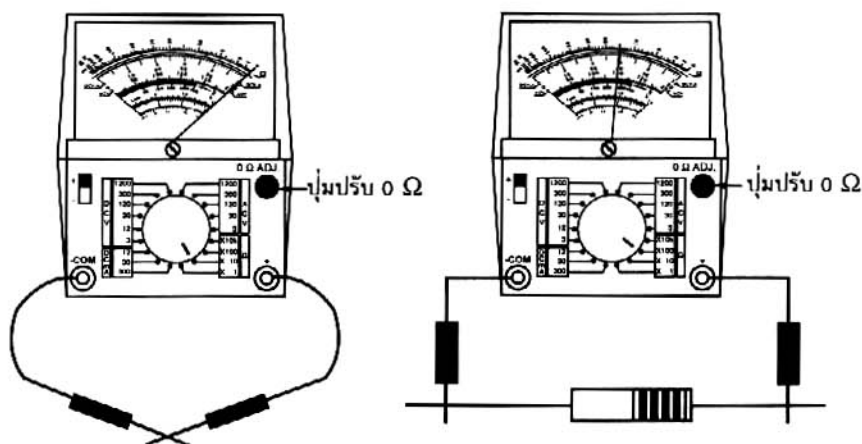


ย่านวัด 300 VAC

ในมิเตอร์ตัวที่ 2 แพลกเตอร์ระหว่างย่านวัดกับสเกลมีค่าเท่ากับ 10 ดังนั้นอ่านค่าได้ 220 VAC

หมายเหตุ : ถ้านำมิเตอร์ทั้งสองไปวัดแรงดันไฟสลับ 320 V มิเตอร์ตัวที่ 1 ไม่สามารถอ่านค่าที่ถูกต้อง เนื่องจากแรงดันไฟสลับมีค่าสูงกว่าสเกลของมิเตอร์ สำหรับมิเตอร์ตัวที่ 2 จะยังคงอ่านค่าได้ถูกต้อง เพราะมีการเฟื่อสเกลไว้

การใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทาน

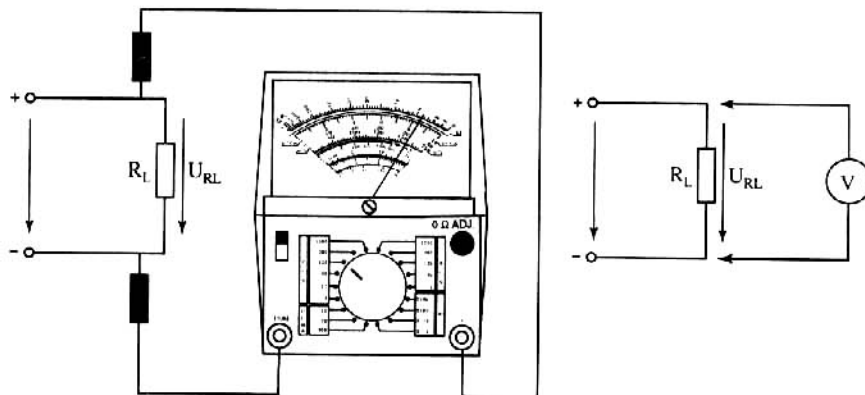


รูปที่ 1.10 การวัดความต้านทานด้วยมัลติมิเตอร์

การใช้มัลติมิเตอร์วัดความต้านทาน มีวิธีปฏิบัติดังนี้

1. เมื่อต้องการวัดความต้านทานในวงจร ต้องตัดแหล่งจ่ายออกจากวงจรก่อน เพื่อป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับมิเตอร์
2. ตั้งสวิตช์เลือกย่านวัดให้อยู่ในย่านวัดความต้านทาน
3. ถ้าไม่สามารถประมาณค่าความต้านทานได้ ให้ตั้งสวิตช์เลือกย่านวัดไปที่ X1 (หากเข็มไม่ขึ้นจึงค่อยเปลี่ยนย่านวัด)
4. เสียบสายวัดทั้ง 2 เส้นที่รูเสียบสาย แล้วนำปลายสายทั้งสองมาแตะกัน ถ้าหากเข็มยังไม่ชี้ที่ศูนย์โอห์ม ให้ปรับที่ปุ่มปรับศูนย์โอห์ม จนกระทั่งเข็มชี้ที่เลขศูนย์โอห์ม
5. นำปลายสายทั้งสองไปต่อคร่อมหรือขนานกับอุปกรณ์ที่ต้องการวัดความต้านทาน
6. อ่านค่าจากสเกลโอห์มให้สัมพันธ์กับย่านที่ตั้งไว้

การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง



รูปที่ 1.11 การวัดแรงดันไฟตรงด้วยมัลติมิเตอร์

การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟตรง มีวิธีปฏิบัติดังนี้

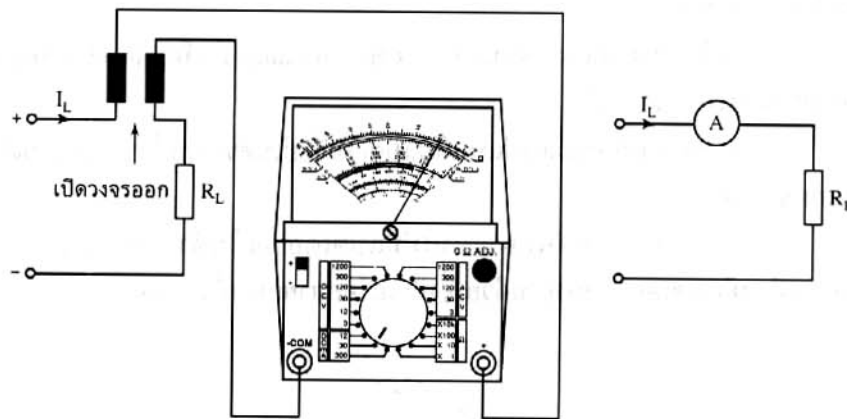
1. ตั้งสวิตช์เลือกย่านวัดไปที่ DCV โดยเลือกย่านวัดให้เหมาะสมกับขนาดแรงดันที่ต้องการวัด
2. กรณีไม่สามารถประมาณขนาดของแรงดันที่จะวัด ให้เลือกขนาดย่านวัดสูงสุดไว้ก่อน ถ้าเข็มบ่ายเบนน้อยจึงค่อยลดขนาดของย่านวัดลง เพื่อให้อ่านค่าได้สะดวกและลดค่าผิดพลาดเนื่องจากตัวเครื่องวัดเอง (ค่าผิดพลาดจากตัวเครื่องมือวัดเองจะน้อยเมื่อเข็มชี้ค่าอยู่บริเวณมากกว่า 2 ใน 3 ของค่าเต็มสเกล)
3. ต่อมิเตอร์คร่อมหรือขนานกับส่วนที่ต้องการวัด โดยต้องให้สายขั้วบวกสีแดงต่อกับจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงหรือขั้วบวก และสายขั้วลบสีดำต่อกับจุดที่มีศักย์ต่ำกว่าหรือขั้วลบ
4. อ่านค่าจากสเกลให้สัมพันธ์กับค่าที่ตั้งไว้

การใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดันไฟสลับ

มีวิธีปฏิบัติเหมือนกับวัดแรงดันไฟตรง เพียงแต่ต้องเปลี่ยนย่านวัดเป็น ACV และไม่จำเป็นต้องพิจารณาขั้วบวก-ลบของแรงดัน

การใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟตรง

มีวิธีปฏิบัติเหมือนการวัดแรงดันไฟตรง โดยต้องพิจารณาขั้วบวก-ลบ ต่างกัน ตรงที่การต่อมิเตอร์เข้ากับวงจร ต้องต่ออันดับหรืออนุกรมกับเครื่องใช้ไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟตรงต้องตั้งย่านวัด DCA หรือ DCmA ตามขนาดของกระแสที่จะวัด



รูปที่ 1.12 การวัดกระแสไฟตรงด้วยมัลติมิเตอร์

การใช้มัลติมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ

มีวิธีปฏิบัติเหมือนกับการวัดกระแสไฟตรง เพียงแต่เปลี่ยนย่านวัดไปที่ ACA แต่ในทางปฏิบัติการวัดกระแสไฟสลับมักจะเป็นการวัดในงานไฟฟ้ากำลัง เช่น วัดกระแสที่มอเตอร์ใช้วัดกระแสที่ใช้ในโรงงาน เป็นต้น แต่การวัดมักไม่นิยมใช้มัลติมิเตอร์ เพราะต้องทำการตัดสายของวงจร ซึ่งไม่สะดวกและอาจเกิดอันตรายจากกระแสสูง ดังนั้นจึงใช้มิเตอร์แบบคล็อง ซึ่งเรียกว่า แคลมป์ออนมิเตอร์

แคลมป์ออนมิเตอร์ (Clamp-on meter)

แคลมป์ออนมิเตอร์เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดกระแสไฟสลับด้วยวิธีคล้องเข้ากับสายไฟเส้นใดเส้นหนึ่งของวงจร ทำให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากกว่าแอมมิเตอร์ทั่ว ๆ ไป นอกจากนี้แคลมป์ออนมิเตอร์ถูกออกแบบให้สามารถใช้วัดแรงดันไฟสลับและความต้านทานได้อีกด้วย

ส่วนประกอบภายนอกของแคลมป์ออนมิเตอร์

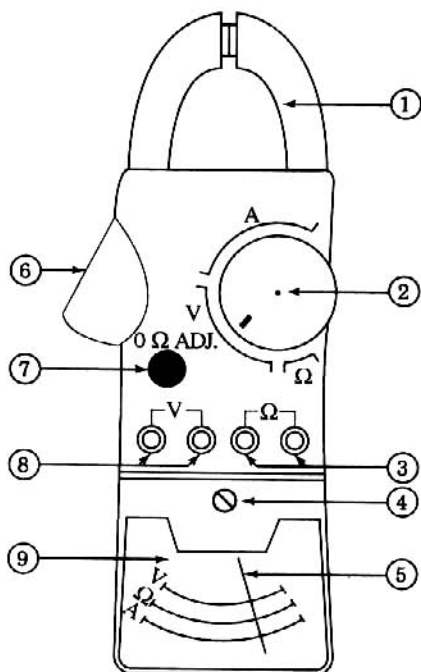
1. ก้ามคล้องสาย (Clamp core) เป็นแกนเหล็กเปิด-ปิดได้ สำหรับใช้คล้องสายไฟเวลาวัดกระแสไฟฟ้า

2. สวิตช์เลือกย่านวัด (Range selector switch knob) เป็นสวิตช์ที่ใช้เลือกย่านวัดและประเภทการวัด

3. รูเสียบสายวัดความต้านทาน (Ohm terminal) เป็นรูสำหรับเสียบสายวัดความต้านทาน ซึ่งมี 2 แบบ คือ

☞ แคลมป์ออนมิเตอร์แบบที่มีแบตเตอรี่อยู่ในตัว แบบนี้สายวัดความต้านทานจะเป็นสายธรรมดา

☞ แคลมป์ออนมิเตอร์แบบไม่มีแบตเตอรี่อยู่ในตัว แบบนี้สายวัดความต้านทานจะต้องมีแบตเตอรี่อยู่ภายในด้วย ซึ่งนิยมเรียกสายแบบนี้ว่า Ohm-probe



รูปที่ 1.13 แคลมป์ออนมิเตอร์

4. สกรูปรับศูนย์ (Zero adjuster) เป็นสกรูที่ใช้ปรับให้เข็มอยู่ในตำแหน่งศูนย์

5. เข็มชี้ (Pointer) เป็นเข็มที่ชี้แสดงค่าที่วัดได้

6. ตัวเปิดก้ามคล้องสาย (Clamp opener) เป็นคันสำหรับเปิดก้ามคล้องสายเพื่อคล้องสายไฟในวงจรเวลาวัดกระแสไฟฟ้า

7. ปุ่มปรับศูนย์โอห์ม (Zero-ohm adjuster) เป็นปุ่มสำหรับปรับให้เข็มชี้อยู่ในตำแหน่งศูนย์โอห์มก่อนทำการวัดค่าความต้านทาน

8. รูเสียบสายวัดแรงดัน (Voltage terminal) เป็นรูเสียบสายสำหรับวัดแรงดันไฟฟ้า

9. สเกล (Scale) ประกอบด้วยสเกลของกระแสไฟสลับ แรงดันไฟสลับ และสเกลความต้านทาน

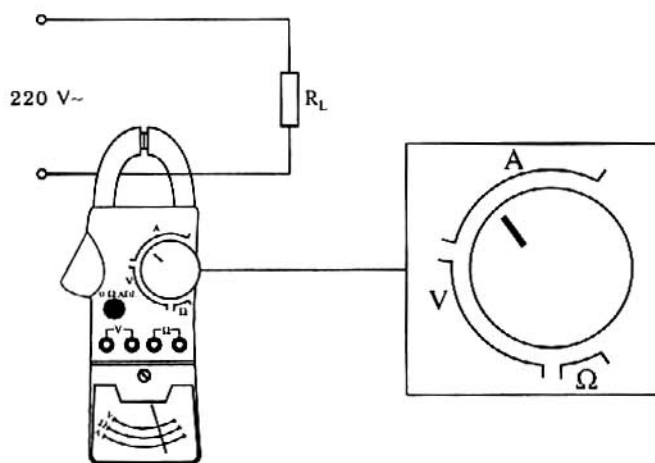
การใช้แคลมป์ออนมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ

การใช้แคลมป์ออนมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ มีวิธีการปฏิบัติดังนี้

1. ตั้งย่านวัดกระแส โดยเลือกย่านวัดให้เหมาะกับขนาดกระแสที่จะวัด (หากไม่สามารถประมาณค่าของกระแส ให้ตั้งย่านวัดที่วัดกระแสได้สูงสุดไว้ก่อน เมื่อเห็นว่ากระแสที่วัดมีค่าต่ำกว่าค่าเต็มสเกล จึงค่อยลดย่านวัดให้ต่ำลง)

2. คล้องก้ามคล้องสายเข้ากับสายไฟเพียงเส้นหนึ่งเส้นใดของวงจร ในกรณีคล้อง 2 เส้นพร้อมกัน มิเตอร์จะไม่สามารถแสดงค่าที่ถูกต้องของกระแสที่ใช้งานในวงจร เช่น เมื่อคล้องสายไฟ 2 เส้นพร้อมกันในระบบไฟ 1 เฟส มิเตอร์อ่านค่าศูนย์แอมป์ เพราะกระแสที่ไหลในสายไฟแต่ละเส้นมีค่าเท่ากันและมีทิศทางการไหลสวนทางกัน ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกันหมด

3. อ่านค่ากระแสจากสเกล ในกรณีที่กระแสมีการเปลี่ยนแปลง เช่น การวัดกระแสสตาร์ทของมอเตอร์ อาจใช้วิธีลือคเข็มช่วย โดยกดที่ปุ่มลือคเข็ม



รูปที่ 1.14 แสดงการใช้แคลมป์ออนมิเตอร์วัดกระแสไฟสลับ