การทดลอง 1 (514108-514113)
การใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์และการใช้โวลต์ โอห์ม มิลลิแอมมิเตอร์ (VOM)

วัตถุประสงค์

1. ฝึกทักษะการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
2. เพื่อฝึกทักษะการใช้โวลต์–โอห์ม–มิลลิแอมมิเตอร์ (Volt–Ohm–Milliammeter, VOM)

อุปกรณ์

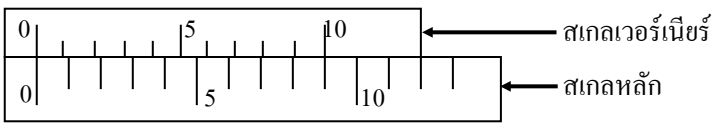
1. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
2. โวลต์–โอห์ม–มิลลิแอมมิเตอร์ (VOM)
3. เครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง
4. แผงต่อวงจรและสายไฟต่อวงจร

ทฤษฎี

การวัดค่าโดยอาศัยเครื่องวัดที่มีสเกลแบ่งเป็นช่องๆ ส่วนใหญ่จำเป็นต้องประมาณค่าส่วนที่เลยขีดแบ่งสเกลด้วยสายตา ถ้าต้องการให้การอ่านค่าละเอียดแม่นยำยิ่งขึ้นอาจใช้สเกลเวอร์เนียร์ (vernier scale) ช่วยในการอ่านเศษของสเกลหลัก (main scale) หรือใช้เกลียวไมโครมิเตอร์ (a micrometer screw) ช่วยในการสร้างเครื่องวัดขนาดอย่างละเอียด

หลักการสร้างสเกลเวอร์เนียร์

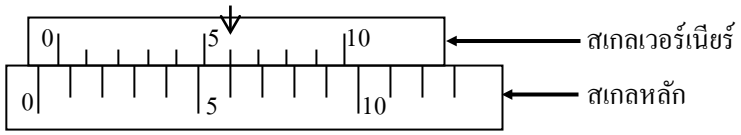
สเกลเวอร์เนียร์เป็นสเกลที่สร้างขึ้น ให้มีระยะห่างของช่องสเกลต่างจากสเกลหลัก โดยมีความสัมพันธ์ต่อกันง่ายๆ ดังตัวอย่างในรูปที่ 1 สเกลเวอร์เนียร์ 10 ช่อง เท่ากับสเกลหลัก 9 ช่อง ดังนั้นแต่ละช่องของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าแต่ละช่องของสเกลหลักเป็นระยะ 1/10 ของ 1 ช่องของสเกลหลัก จากรูปที่ 1 ขีดศูนย์ของสเกลหลักและของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ตรงกัน ช่องแรกของสเกลเวอร์เนียร์จะสั้นกว่าช่องแรกของสเกลหลักเท่ากับ 1/10 ของ 1 ช่องของสเกลหลัก ขีดที่สองของสเกลเวอร์เนียร์จะอยู่ที่ระยะสเกลสั้นกว่าขีดที่สองของสเกลหลักเท่ากับ 2/10 ของระยะ 1 ช่องของสเกลหลักขีดที่ 10 ของสเกลเวอร์เนียร์จะอยู่ที่ระยะสเกลสั้นกว่าขีดที่ 10 ของสเกลหลักเท่ากับ 10/10 = 1 ช่องของระยะสเกลหลัก นั่นคือขีดบนสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดบนสเกลหลัก



รูปที่ 1

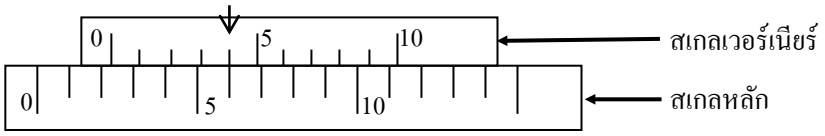
หลักการอ่านสเกลเวอร์เนียร์

ถ้าเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ไปทางขวาจนกระทั่งที่ตำแหน่งขีดที่ 6 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก ดังแสดงในรูปที่ 2 สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไป 6/10 ของระยะช่องในสเกลหลักไปทางขวาของขีดศูนย์ของสเกลหลัก สเกลเวอร์เนียร์จะบอกค่าเศษของระยะแบ่งบนสเกลหลักที่ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์เลื่อนไปจากขีดบนสเกลหลักนั่นคือ รูปที่ 2 จะอ่านได้ 0.6 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 2

ตามรูปที่ 3 ขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์อยู่ทางขวาของขีดที่ 2 ของสเกลหลักและขีดที่ 4 ของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดบนสเกลหลัก จะอ่านได้ 2.0 จากสเกลหลัก (จากขีดศูนย์ของสเกลหลักถึงขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์) และ 0.4 จากสเกลเวอร์เนียร์ นั่นคือจะอ่านได้ 2.4 หน่วยของสเกลหลัก



รูปที่ 3

แม้อุปกรณ์หลายชนิดมีสเกลเวอร์เนียร์ขนาดต่างๆ กันประกอบร่วม แต่หลักการสำคัญจะเหมือนกัน กล่าวโดยสรุป หลักการทั่วไปในการสร้างสเกลเวอร์เนียร์ให้มี n ช่องบนสเกลเวอร์เนียร์เท่ากับความยาวบนสเกลหลัก n - 1 ช่อง จะได้ความสัมพันธ์

$$nV = (n - 1)\,S \qquad \text{.....(1)}$$

เมื่อ n เป็นจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ V เป็นระยะ 1 ช่องของเวอร์เนียร์ S เป็นระยะ 1 ช่องของสเกลหลัก หรือ

$$n(S - V) = S \qquad \text{.....(2)}$$

หรือ

$$S - V = (S / n) \qquad \text{.....(3)}$$

S/n เป็นค่าละเอียดที่สุด (least count) ที่อ่านได้โดยตรงจากเวอร์เนียร์

จากสมการ (3) ค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์ S/n มีค่าเท่ากับผลต่างของขนาดความแตกต่างของระยะห่างของช่องของสเกลหลักและสเกลเวอร์เนียร์คือ (S – V) นี่เป็นเวอร์เนียร์แบบที่สร้างขึ้นโดยเอาสเกลหลัก (n – 1) ช่องมาแบ่งเป็นสเกลเวอร์เนียร์ n ช่อง จะเห็นว่าความละเอียดจะขึ้นกับค่า n

โดยหลักการเวอร์เนียร์ที่ละเอียดมากอาจสร้างขึ้นโดยความสัมพันธ์ของ S และ V ที่ต่างไปจากสมการ (3) เช่นในรูปที่ 4 แสดงรูปเวอร์เนียร์ที่มีขนาดของ V ยาวกว่า S ตามรูปจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์นี้ n = 20 ช่อง จะเห็นว่าสเกลเวอร์เนียร์ได้จากการเอาช่องสเกลหลัก 39 ช่อง มาแบ่งเป็นสเกลเวอร์เนียร์ 20 ช่อง ความสัมพันธ์ของ S และ V เป็น

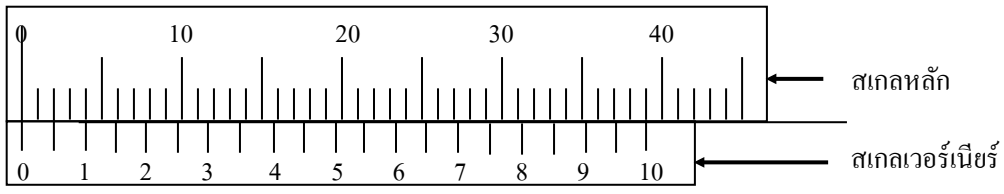
$$20\,V = 39\,S$$
$$20\,V = [2(20) - 1\,]S$$
$$20\,V = 2(20)S - S$$
$$2(20)S - 20\,V = S$$
$$2S - V = (S / 20)$$

<u>สรุป</u> โดยกรณีทั่วไป เราสามารถสร้างเวอร์เนียร์ละเอียดเท่าไรก็ได้ และความสัมพันธ์ทั่วไปของ S และ V อาจเขียนได้ดังนี้

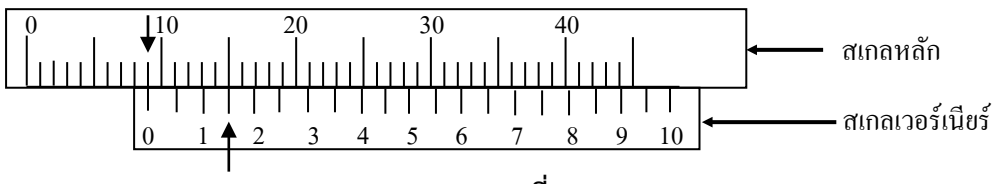
$$(mS - V) = (S / n) \qquad \text{.....(4)}$$

เมื่อ m = 1,2,3,.....เป็นเลขจำนวนเต็ม
และ n เป็นจำนวนช่องสเกลเวอร์เนียร์ ที่สร้างจากการเอาสเกลหลัก (mn – 1) ช่องมาแบ่ง

จากสมการ (3) และ (4) จะเห็นว่าสมการ (3) เป็นกรณีพิเศษของสมการ (4) นั่นคือ m = 1
ค่า S/n คือ ค่าละเอียดที่สุดของสเกลเวอร์เนียร์



รูปที่ 4



รูปที่ 5

จากรูปที่ 4 สเกลเวอร์เนียร์ n = 20

S = 1 มม.

ค่าละเอียดที่สุด S/n = 1/20 มม. = 0.05 มม.

ค่าที่อ่านได้จากการวัดตามรูป 5 = ค่าหน้าสเกลหลัก + เศษของสเกลหลัก

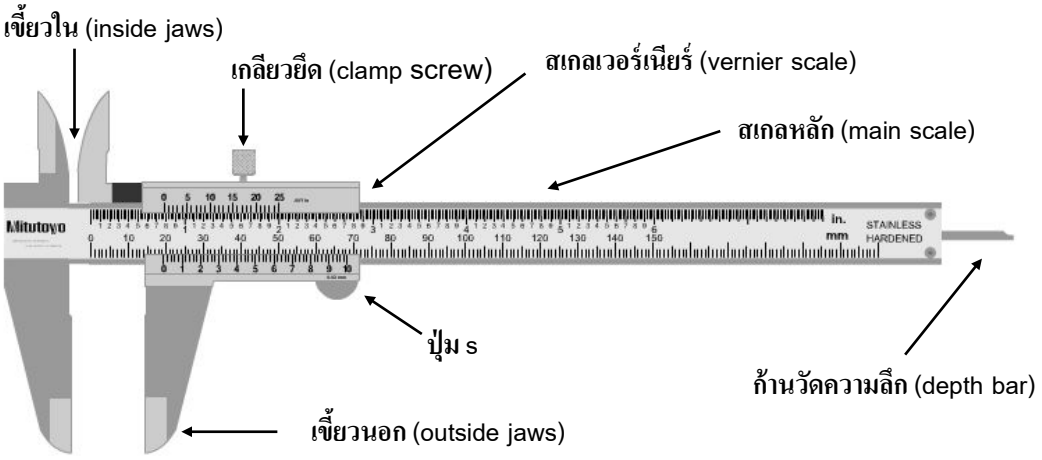
= 9.0 มม. + 3 × (0.05 มม.)

= 9.15 มม.

หมายเหตุ : เศษของสเกลหลัก = จำนวนช่องหน้าขีดของสเกลเวอร์เนียร์ที่ตรงกับขีดบนสเกลหลัก × ค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์

เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

เพื่อความสะดวกในการยึดวัตถุที่ต้องการวัดจึงใช้คาลิปเปอร์ (calippers) ซึ่งมีลักษณะเหมือนเขี้ยว (jaws) เป็นคู่ใช้ยึดวัตถุที่ต้องการวัดขนาดในหน่วยความยาว เราเรียกอุปกรณ์ที่มีส่วนของคาลิปเปอร์และเวอร์เนียร์ว่า **เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์** รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ซึ่งมีสเกลชุดบนหน่วยเป็นนิ้วและชุดล่างหน่วยเป็นมิลลิเมตร สามารถใช้วัดได้ทั้งขนาดวัตถุภายนอก ขนาดวัตถุภายใน ความลึก และขนาดของวัตถุที่มีลักษณะเป็นขั้นบันได เมื่อเขี้ยวของคาลิปเปอร์ชิดกันขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์จะตรงกับขีดศูนย์ของสเกลหลัก ในการเลื่อนสเกลเวอร์เนียร์ ให้คลายเกลียวยึด (clamp screw) และเลื่อน S เพื่อให้เขี้ยวของคาลิปเปอร์แยกออกจากกันทำให้สเกลเวอร์เนียร์เลื่อนออกไปจากขีดศูนย์ของสเกลหลัก



รูปที่ 6 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

วิธีใช้

1. หาค่าละเอียดที่สุดของเวอร์เนียร์
2. วางวัตถุที่ต้องการวัดให้เหมาะสม เช่น
   - ใช้เขี้ยวนอกวัดระหว่างผิวด้านนอกทั้งสองของวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายนอก
   - วางวัตถุที่ต้องการวัดขนาดภายนอกระหว่างเขี้ยวนอก (outside jaws)
3. อ่านค่าจากสเกลหลักที่อยู่หน้าขีดศูนย์ของสเกลเวอร์เนียร์
4. ดูว่าขีดใดของสเกลเวอร์เนียร์ตรงกับขีดใดบนสเกลหลัก
5. เอาจำนวนช่องบนสเกลเวอร์เนียร์ที่อยู่หน้าขีดนั้นคูณกับค่าละเอียดที่สุดในข้อ 1. แล้วเอาค่าที่ได้ (ซึ่งคือเศษของสเกลหลัก) บวกกับค่าที่ได้ในข้อ 3.

วิธีการทดลองการใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์

ใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกของวงแหวนโลหะ โดยบันทึกผลที่ได้มีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (mm)

การใช้งานโวลต์ โอห์ม มิลลิแอมมิเตอร์ (Volt-Ohm-Milliammeter) VOM

ในวงจรไฟฟ้าอย่างง่ายโดยทั่วไป จะประกอบด้วยเครื่องจ่ายไฟและตัวต้านทาน (Resistor) หนึ่งตัวหรือหลาย ๆ ตัว โดยปริมาณไฟฟ้าพื้นฐานที่สำคัญในวงจรไฟฟ้าจะมี 3 ค่า คือ

1. ความต้านทาน (Resistance, R) มีหน่วยเป็น โอห์ม (Ω)
2. ความต่างศักย์ (Potential Difference หรือ Voltage, V) มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)
3. กระแสไฟฟ้า (Current, I) มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

ปริมาณไฟฟ้าดังกล่าวข้างต้นนี้สามารถวัดได้โดยการใช้เครื่องมือวัดเฉพาะแต่ละค่า โดยมีชื่อเรียกต่างกันดังนี้คือ **โอห์มมิเตอร์** สำหรับวัดค่าความต้านทาน **โวลต์มิเตอร์** สำหรับวัดค่าความต่างศักย์ และ**แอมมิเตอร์หรือมิลลิแอมมิเตอร์** สำหรับวัดค่ากระแสไฟฟ้า ซึ่งเครื่องมือวัดเหล่านี้จะใช้กัลวานอมิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moving coil galvanometer) เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ต้องมีการดัดแปลงปรับปรุง เพื่อให้กัลวานอมิเตอร์เพียงตัวเดียวนี้สามารถวัดปริมาณไฟฟ้าทั้ง 3 ค่าดังกล่าวได้ และเรียกเครื่องวัดนี้ว่า **โวลต์–โอห์ม–มิลลิแอมมิเตอร์** (Volt–Ohm–Milliammeter, VOM) หรือ **มัลติมิเตอร์** (Multimeter)

VOM ทั่วไปจะวัดปริมาณไฟฟ้าพื้นฐานได้อย่างน้อย 4 ชนิด คือ ความต้านทาน (R) ไฟฟ้ากระแสตรง (DCA) ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง (DCV) และความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ (ACV) สำหรับปริมาณอื่นๆ นอกจาก 4 ค่านี้ มิเตอร์บางเครื่องอาจวัดปริมาณไฟฟ้ากระแสสลับ (ACA) ได้ บางเครื่องอาจใช้วัดค่าความจุของตัวเก็บประจุ วัดอุณหภูมิ หรือใช้ตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บางชนิดได้ เช่น ตรวจสอบทรานซิสเตอร์ เป็นต้น

VOM สามารถแบ่งตามวิธีการแสดงค่าได้เป็น 2 แบบ คือ

1. แบบเข็มชี้ค่าบนสเกล (Analog VOM)
2. แบบตัวเลข (Digital VOM)

1. ส่วนประกอบและลักษณะภายนอกของ VOM แบบ Analog ที่ใช้ในการทดลอง

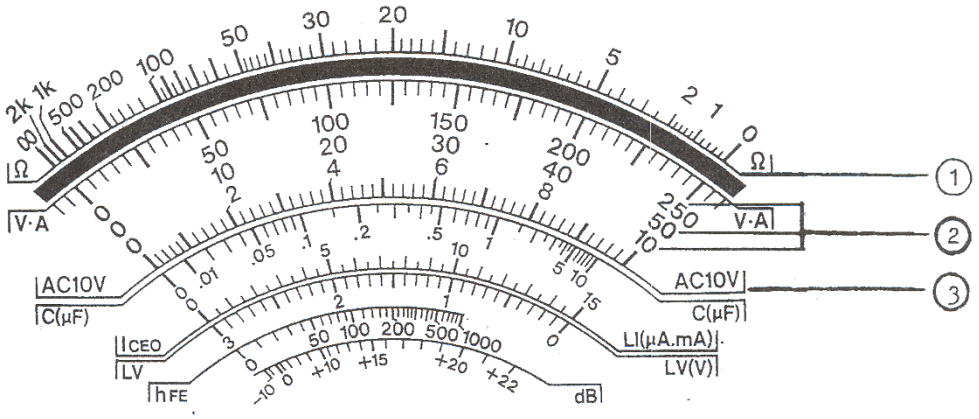
VOM ที่ใช้ในการทดลองนี้เป็นแบบ Analog VOM คือ เป็นมิเตอร์แบบที่ใช้เข็มอ่านค่าต่างๆ บนหน้าปัดซึ่งมีสเกลอยู่หลายชุด ดังรูปที่ 7

รูปที่ 7 ส่วนประกอบของ VOM แบบ Analog

(1) คือ เข็มมิเตอร์
(2) คือ หน้าปัดแสดงสเกลของค่าต่าง ๆ ที่วัดได้โดยมิเตอร์
(3) คือ สกรูสำหรับปรับให้เข็มมิเตอร์ชี้ที่ตำแหน่งเลขศูนย์ทางด้านซ้ายมือของสเกล โดยให้ปรับในขณะที่ยังไม่ได้ใช้งานเท่านั้น
(4) คือ ขั้วสำหรับต่อสายวัดบวก ปกตินิยมใช้สายวัดสีแดง
(5) คือ ขั้วสำหรับต่อสายวัดลบ หรือ สายร่วม (common) ปกตินิยมใช้สายวัดสีดำ
(6) คือ ปุ่มปรับให้เข็มมิเตอร์อ่านที่ศูนย์โอห์ม ในขณะที่นำปลายของสายวัดทั้งสองแตะกันโดยต้องระวังไม่ให้ส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกายไปแตะสัมผัสกับปลายของสายวัดที่เป็นโลหะ
(7) คือ สวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัย (range) ของปริมาณไฟฟ้าที่ต้องการวัด

สเกลของมิเตอร์โดยทั่วไปจะแสดงค่าของปริมาณไฟฟ้าและปริมาณทางอิเล็กทรอนิกส์ที่มิเตอร์สามารถวัดได้ สำหรับในการทดลองนี้จะเป็นการศึกษาการใช้มิเตอร์ในการวัดปริมาณไฟฟ้า 4 ค่า คือ

ความต้านทาน ปริมาณไฟฟ้ากระแสตรง ความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง และปริมาณไฟฟ้ากระแสสลับ รูปที่ 8 แสดงถึงสเกลของมิเตอร์ที่ใช้วัดค่าต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น



รูปที่ 8 สเกลต่างๆ บนหน้าปัดของมิเตอร์

(1) คือ สเกลแสดงค่าความต้านทาน (Ω) โดยค่าศูนย์โอห์มจะอยู่ขวามือของสเกล

(2) คือ สเกล DCV, DCA เป็นสเกลสีดำใช้สำหรับอ่านค่า ต่อไปนี้

DCV เมื่อปรับสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยไว้ที่ตำแหน่งสำหรับวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Voltage)

DCA เมื่อปรับสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยไว้ที่ตำแหน่งสำหรับวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรง (DC current)

(3) คือ สเกล ACV เป็นสเกลสีแดงใช้สำหรับอ่านค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Voltage) โดยใช้ตัวเลขชุดเดียวกับ DCV, A

ส่วนพิสัย (range) ของการวัดแต่ละปริมาณและความแม่นยำ (accuracy) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าพิสัยและความแม่นยำของการวัดปริมาณไฟฟ้าต่างๆ

ปริมาณไฟฟ้า	พิสัย (range)	ค่าความแม่นยำ (accuracy)
DCV	0 - 0.5 V, 2.5 V, 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V	± 3% f.s.
DCA	0 – 50 μA, 25 mA, 250 mA, 0.25 A	± 3% f.s.
ACV	0 – 10 V, 50 V, 250 V, 1000 V	± 4% f.s.
Ω	×1 , ×10 , ×1k , ×10kΩ	± 3% of arc

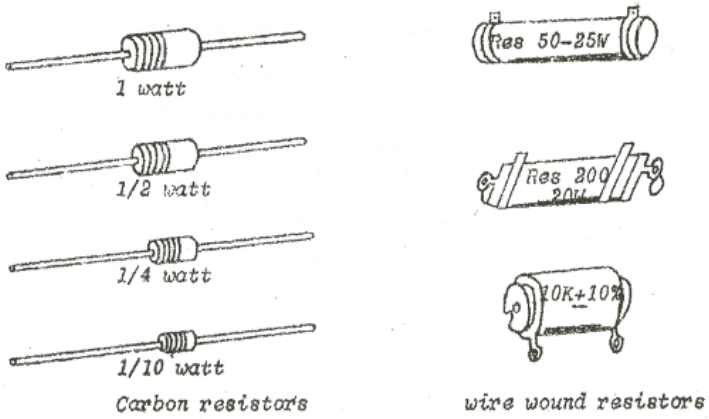
f.s. = full scale (ค่าเต็มสเกลหรือค่าสูงสุดของพิสัย)

ค่าความแม่นยำเต็มสเกล เช่น ± 3% f.s. หมายความว่า ถ้าวัดได้ x หน่วย พิสัยที่วัดมีค่าเต็มสเกล y หน่วย ค่าที่ถูกต้องจะอยู่ระหว่าง x ± 3y/100 หน่วย เช่น เมื่อวัดไฟฟ้ากระแสตรงโดยพิสัยที่อ่านสูงสุดได้ 250 mA ความผิดพลาดจะเป็น ± 7.5 mA (คือ ± 3% ของ 250 mA) ถ้าอ่านกระแสได้ 150 mA ค่าที่ถูกต้องจะอยู่ระหว่าง 150 ± 7.5 mA (หรือระหว่าง 142.5 - 157.5 mA) เป็นต้น

ถ้าปริมาณกระแสน้อยกว่า 250 mA ควรจะเปลี่ยนพิสัยการอ่านเป็น 0 - 25 mA จะทำให้ได้ค่าความผิดพลาดเป็น ± 0.75 mA ซึ่งถ้าใช้พิสัยเดิม (250 mA) ความผิดพลาดจะเพิ่มเป็น 10 เท่า นั่นคือถ้าอ่านได้ 20 mA เมื่อใช้พิสัยต่ำ ค่าที่ถูกต้องจะอยู่ระหว่าง 20 ± 0.75 mA แต่ถ้าใช้พิสัยสูงจะได้ค่าอยู่ระหว่าง 20 ± 7.5 mA

2. การวัดค่าความต้านทาน

ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้า โดยปกติจะทำหน้าที่ต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ชนิดของตัวต้านทานที่ใช้ในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มีหลายแบบ เช่น แบบคาร์บอน (Cracked carbon) แบบขดลวด (Wire wound) และแบบเคลือบด้วยฟิล์ม (Deposited film) เป็นต้น แต่ละแบบจะเหมาะสำหรับงานแต่ละชนิด การกำหนดขนาดของตัวต้านทานจะบอกเป็นหน่วย กำลังไฟฟ้า (Power) ซึ่งเรียกว่า วัตต์ (Watt, W) และ มีขนาดตั้งแต่ 1/10 วัตต์ จนถึงมากกว่าหลายสิบวัตต์



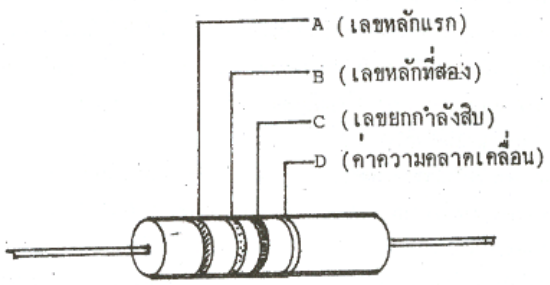
รูปที่ 9 ตัวต้านทานแบบต่างๆ

ค่าความต้านทานเป็นค่าคงที่ซึ่งแสดงถึงอัตราส่วนของความต่างศักย์ต่อหน่วยกระแสที่ไหลผ่านในขณะนั้น (เมื่ออุณหภูมิคงที่) ตัวต้านทานแต่ละแบบ นอกจากจะจำกัดขนาดกำลังไฟฟ้าแล้ว ยังมีช่วงค่าความต้านทานต่ำ (มักจะไม่เกิน 1000 Ω) แต่ใช้กับวงจรกินกำลังไฟฟ้ามากได้ (มากกว่า 5 W) เป็นต้น

ค่าความต้านทานอาจจะอ่านได้จากแถบสีที่ปรากฏบนตัวต้านทาน หรือวัดได้โดยการใช้มิเตอร์

2.1 การอ่านค่าความต้านทานจากแถบสี

แถบสีที่ปรากฏบนตัวต้านทานจะมี 4 แถบ คือ A, B, C และ D ดังรูปที่ 10 แถบสี 3 แถบแรก (A, B, C) มี 10 สี แทนด้วยตัวเลข 0–9 ส่วนแถบ D แสดงถึงความคลาดเคลื่อน (Error หรือ Telerance) ของค่าความต้านทาน ดังตารางที่ 2



รูปที่ 10 ลักษณะแถบสีบนตัวต้านทาน

ตารางที่ 2 ค่าตัวเลขของแถบสี A, B, C และ ค่าความคลาดเคลื่อนของแถบสี D

แถบสี A,B และ C	ตัวเลข
น้ำตาล	1
แดง	2
ส้ม	3
เหลือง	4
เขียว	5
ฟ้า	6
ม่วง	7
เทา	8
ขาว	9
ดำ	0

แถบสี D	ค่าความคลาดเคลื่อน
ทอง	± 5%
เงิน	± 10%
ไม่มีสี	± 20%

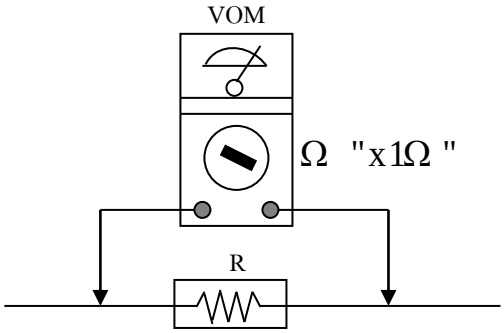
แถบสี A และ B แสดงค่าความต้านทานเป็นเลขนัยสำคัญสองตำแหน่งแรก ส่วนแถบ C แสดงถึงเลขยกกำลังของ 10 ค่าความต้านทาน จึงอ่านจากแถบสีได้ดังนี้

$$R = AB \times 10^{C} \pm D$$

เช่น ตัวต้านทานตัวหนึ่งมีแถบสีเรียงตามลำดับ A ถึง D ดังนี้ เหลือง (เลข 4) ม่วง (เลข 7) ส้ม (เลข 3) และทอง (± 5%) ดังนั้น ค่าความต้านทานที่อ่านได้ จะเป็น $47\times10^{3} \pm 5\%\ \Omega$ ซึ่งจะเขียนในรายงานผลการทดลองได้เป็น $4.7\times10^{4} \pm 5\%\ \Omega$ หรือ ตัวต้านทานนี้จะมีค่าอยู่ระหว่าง 44,650 – 49,350 Ω เป็นต้น

2.2 การวัดค่าความต้านทานด้วย VOM แบบ Analog มีขั้นตอนการวัดดังนี้

1. ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยของ VOM ไว้ที่ตำแหน่ง Ω ต่ำที่สุดคือ “×1Ω”
2. นำปลายสายวัดทั้งสองข้างของ VOM มาแตะกัน โดยต้องระวังไม่ให้นิ้วมือไปแตะกับปลายของสายวัดส่วนที่เป็นโลหะ ถ้าเข็มไม่ชี้ที่ศูนย์โอห์ม (ทางขวามือ) ให้ปรับปุ่มศูนย์โอห์ม จนเข็มชี้ขีดศูนย์โอห์ม
3. แยกตัวต้านทานออกจากวงจร (ไม่ต่อให้ครบวงจรกับตัวอุปกรณ์ใด ๆ ทั้งสิ้น โดยเฉพาะแหล่งกำเนิดไฟฟ้า)
4. นำปลายสายวัดทั้งสองแตะกับปลายทั้งสองข้างของตัวต้านทาน โดยระวังอย่าให้นิ้วมือแตะกับปลายของตัวต้านทานและสายวัดส่วนที่เป็นโลหะ ซึ่งจะให้สายวัดบวก (สีแดง) และสายวัดลบ (สีดำ) แตะปลายไหนของตัวต้านทานก็ได้ ดังรูปที่ 5 รอให้เข็มชี้อยู่นิ่ง จึงอ่านค่า
5. ถ้าเข็มชี้กระดิกหรือเบนไปทางซ้ายมากเกินไป แสดงว่าค่าความต้านทานมากกว่าพิสัยที่ตั้งไว้ซึ่งทำให้อ่านได้ไม่ละเอียด จะต้องทำการเลือกพิสัยใหม่ และต้องทำการตั้งค่าศูนย์โอห์มใหม่ โดยพิสัยที่เหมาะสมจะพบว่าเข็มมิเตอร์ชี้ที่บริเวณประมาณกลางสเกลซึ่งจะทำให้ค่าที่อ่านได้จากการวัดมีค่าความถูกต้องและแม่นยำสูง
   <u>ข้อควรจำ</u> ทำการตั้งค่าศูนย์โอห์มตามข้อ 2 ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนพิสัย
6. เมื่อวัดเสร็จแล้วต้องหมุนสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยไปอยู่ที่ตำแหน่งที่ไม่ใช้วัดความต้านทาน โดยหมุนไปที่ตำแหน่ง OFF หรือตำแหน่ง 1000 DCV ไม่เช่นนั้นกระแสไฟฟ้าของแบตเตอรี่ภายในเครื่องมิเตอร์จะถูกใช้ตลอดเวลา ทำให้สิ้นเปลืองไปโดยเปล่าประโยชน์

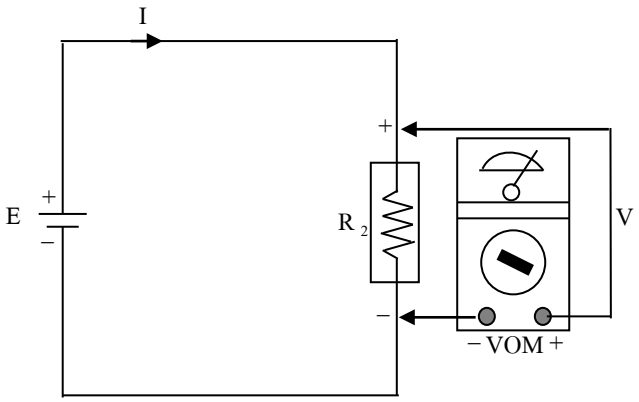


รูปที่ 11 การวัดความต้านทานโดยใช้ VOM

3. การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้า

ความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดในวงจร เป็นปริมาณงานที่ใช้ไปในการย้ายประจุไฟฟ้าหนึ่งหน่วยจากจุดที่มีความต่างศักย์สูงกว่าไปยังจุดที่ต่ำกว่า อัตราการไหลของประจุไฟฟ้า (กระแสไฟฟ้า) ระหว่างสองจุดนี้เกิดจากความต่างศักย์ไฟฟ้าหรือโวลต์เตจ (Voltage) นั่นเอง ในทางปฏิบัติการวัดโวลต์เตจก็คือการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าในวงจร การวัดความต่างศักย์ในวงจรหรือโวลต์เตจจะต้องใช้โวลต์มิเตอร์ หรือ VOM ที่ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และค่าพิสัยที่ตำแหน่งสำหรับวัดความต่างศักย์ โดยต้องต่อ

มิเตอร์ขนานกับจุดสองจุดที่ต้องการวัดความต่างศักย์ เช่น แหล่งกำเนิดไฟฟ้า หรือตัวต้านทานในวงจร ดังรูปที่ 12



รูปที่ 12 การวัดความต่างศักย์โดยใช้ VOM

การวัดความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง (DCV) ด้วย VOM แบบ Analog มีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยที่ตำแหน่งสูงสุด คือ DCV 1000 V
2. เอาปลายสายวัดบวก (สีแดง) แตะที่ปลายบวกของส่วนของวงจรและปลายสายลบ (สีดำ) แตะที่ปลายลบของส่วนของวงจร นั่นคือ VOM จะต้องต่อขนานหรือคร่อมส่วนของวงจรที่ต้องการวัดความต่างศักย์

   อ่านค่าความต่างศักย์จากสเกลสีดำ (สเกลหมายเลข 2 ในรูปที่ 8) และมีตัวเลขแสดงค่า 3 ชุด คือ 0 - 10, 0 - 50 และ 0 - 250 การอ่านค่าที่วัดได้ ให้พิจารณาจากพิสัยที่เลือก และตัวเลขชุดที่สอดคล้องกับพิสัยนั้น ดังตารางที่ 3 เช่น ถ้าเข็มมิเตอร์ชี้ที่เลข 120 ของสเกลชุด 0 - 250 หากตั้งพิสัยไว้ที่ 2.5 V ตำแหน่งที่วัดจะมีค่า = 120 × 0.01 = 1.2 V ถ้าตั้งพิสัยไว้ที่ 250 V ตำแหน่งที่วัดจะมีค่า = 120 × 1 = 120 V
3. เมื่อทำการวัดโดยตั้งพิสัยที่ 1000 DCV ตามข้อ 1 แล้วเข็มกระดิกน้อยมาก ให้ปรับลดค่าพิสัยลงทีละขั้น จนกระทั่งเข็มมิเตอร์ชี้ที่บริเวณกึ่งกลางหรือค่อนไปทางขวามือของสเกลที่เหมาะสม จะทำให้ค่าที่อ่านได้จากการวัดมีความเที่ยงตรงสูง ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้เข็มมิเตอร์ชี้ตกสเกลทางขวามือเพราะจะทำให้มิเตอร์เสียได้

ตารางที่ 3 การอ่านค่าความต่างศักย์ที่ค่าพิสัยต่างๆ

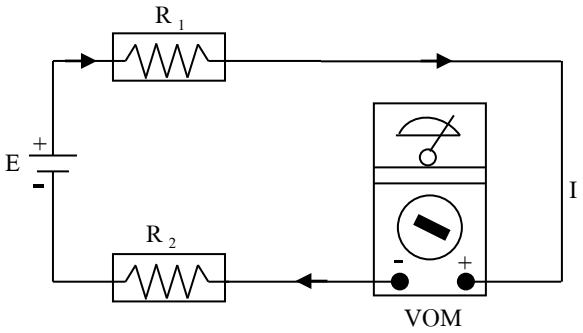
พิสัย	ชุดตัวเลขที่เลือกใช้	ตัวคูณกับค่าบนสเกลที่อ่านได้	ค่าสูงสุดที่วัดได้เต็มสเกล	ช่วงค่าที่ควรเลือกใช้วัด
0.1 V	0 - 10	× 0.01	0.1 V	0 - 0.1V
0.5 V	0 - 50	× 0.01	0.5 V	0.1 - 0.5V
2.5 V	0 - 250	× 0.01	2.5 V	0.5 - 2.5V

10 V	0 - 10	× 1	10 V	2.5 - 10V
50 V	0 - 50	× 1	50 V	10 - 50V
250 V	0 - 250	× 1	250 V	50 - 250V
1000 V	0 - 10	× 100	1000 V	250 - 1000V

4. การวัดไฟฟ้ากระแสตรง (DCA)

ไฟฟ้ากระแสตรง หมายถึง อัตราการไหลของประจุไฟฟ้าจากบริเวณที่มีความต่างศักย์สูงไปสู่ที่ต่ำกว่าในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (Ampere, A) กระแสที่ไหลในวงจรใดๆ จะสัมพันธ์กับความต่างศักย์และตัวต้านทานในวงจรนั้นๆ (กฎของโอห์ม)

การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรใดๆ จะต้องต่อแอมมิเตอร์หรือ VOM ที่ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยไว้ที่ตำแหน่งสำหรับวัดกระแสไฟฟ้า (DCA หรือ ACA ถ้ามี) เข้าในวงจรแบบอนุกรม ดังรูปที่ 13



รูปที่ 13 การวัดปริมาณกระแสไฟฟ้าในวงจร

การวัดปริมาณไฟฟ้ากระแสตรงในวงจร (DCA) ด้วย VOM แบบ Analog มีขั้นตอนดังนี้

1. ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยให้อยู่ในตำแหน่ง DC mA สูงสุดคือ 0.25 A หรือ 250 mA
2. ต่อมิเตอร์เข้าไปในวงจรส่วนที่ต้องการวัดกระแสไฟฟ้า โดยการต่อแบบอนุกรม นั่นคือต่อปลายสายวัดบวก (สีแดง) กับด้านที่เป็นบวกในวงจร และต่อสายวัดลบ (สีดำ) กับด้านที่เป็นขั้วลบในวงจร (หากต่อผิด เข็มชี้จะตีกลับ ต้องกลับขั้วใหม่)
3. อ่านค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าจากสเกลสีดำ (สเกลหมายเลข 2 ในรูปที่ 8) โดยใช้ตัวเลข 3 ชุด และตัวคูณตามตารางที่ 3
4. ถ้าค่าที่อ่านได้ไม่ละเอียดพอ ให้ปรับลดพิสัยลงทีละขั้น จนกระทั่งเข็มมิเตอร์ชี้ที่บริเวณกึ่งกลางหรือค่อนไปทางขวาของสเกลที่เหมาะสม และอ่านค่าปริมาณกระแสไฟฟ้าทำนองเดียวกับที่อ่านค่าความต่างศักย์

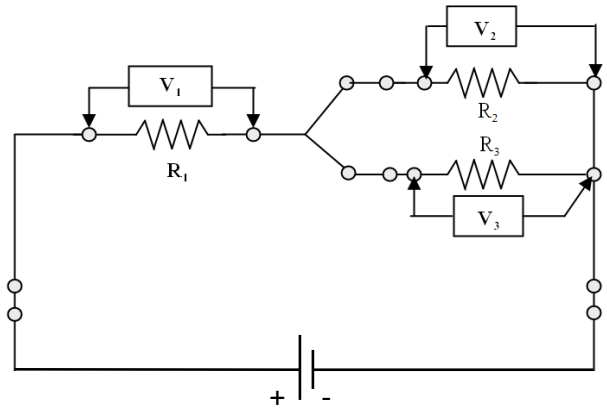
วิธีการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> การวัดค่าความต้านทาน

1. อ่านค่าความต้านทาน 3 ตัว R_1, R_2 และ R_3 ที่ติดอยู่กับแผงวงจร โดยอ่านจากแถบสีบนตัวต้านทาน แล้วบันทึกค่าไว้ (ระบุค่าความคลาดเคลื่อนด้วย)
2. ใช้ VOM วัดค่าความต้านทานของ R_1, R_2 และ R_3 แล้วบันทึกค่าไว้
3. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าที่อ่านได้จากข้อ 1 และ ข้อ 2
4. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของวงจร โดยใช้ค่าความต้านทานที่ได้จาก VOM

<u>ตอนที่ 2</u> การวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง (DCV)

1. ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยของมิเตอร์ไปที่ตำแหน่ง DCV สูงสุด คือ DCV 1000 V
2. เสียบปลั๊กเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง เปิดไฟเข้าเครื่อง
3. หมุนปุ่ม VOLT ของเครื่องจ่ายไฟ ให้เข็มชี้ที่ค่าความต่างศักย์ 10.0 V แล้วใช้ VOM ปรับความละเอียดอีกครั้งโดยให้ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยของ VOM ไว้ที่ 50 DCV และให้สายวัดบวก (สีแดง) แตะที่ Output + ของเครื่องจ่ายไฟ และสายวัดลบ (สีดำ) แตะที่ Output – ของเครื่องจ่ายไฟ ปรับความต่างศักย์ให้เท่ากับ 10.0 V (โดยดูจากหน้าปัด VOM) แล้วปิดเครื่องจ่ายไฟ
4. ต่อสายไฟและเครื่องจ่ายไฟเข้าในวงจร ดังรูปที่ 14



รูปที่ 14 การต่อวงจรไฟฟ้าเพื่อวัดค่า DCV

5. เปิดไฟเข้าเครื่องจ่ายไฟ (ON) โดยไม่ต้องปรับค่าความต่างศักย์ของเครื่องจ่ายไฟอีก
6. ใช้ VOM วัดค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อม R ทั้ง 3 ตัว ตามขั้นตอนการทดลองในหัวข้อการวัดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้ากระแสตรง DCV (โดยไม่ต้องระบุค่าความคลาดเคลื่อน) ในการอ่านค่าต้องเลือกพิสัยที่เหมาะสม (เลือกพิสัยที่เข็มของมิเตอร์ชี้ที่ประมาณกึ่งกลางหรือค่อนไปทางขวามือของสเกล) แล้วบันทึกในรายงานผลการทดลอง
7. คำนวณค่าความต่างศักย์รวมของวงจร และเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างตามที่กำหนดไว้ในแบบรายงานผลการทดลอง

<u>ตอนที่ 3</u> การวัดค่าไฟฟ้ากระแสตรง (DCA)

1. ตั้งสวิตช์เลือกหน้าที่และพิสัยของ VOM ไปที่ตำแหน่งสูงสุดของ DCA คือ 0.25 A
2. ถอดสายไฟออกจากแผงวงจรในช่วงที่ต้องการจะวัดกระแสไฟฟ้า แล้วต่อ VOM เข้าไปแทนที่ (ต่อแบบอนุกรม) โดยให้สายวัดบวก (สีแดง) ต่อเข้ากับขั้วบวก และสายวัดลบ (สีดำ) ต่อเข้ากับขั้วลบของวงจร
3. เปิดไฟเข้าเครื่องจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง โดยยังคงตั้งค่าความต่างศักย์ 10.0 V เช่นเดียวกับการทดลองตอนที่ 2
4. อ่านค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 จากสเกลสีดำ และเลือกใช้ตัวเลข 3 ชุด และตัวคูณในตารางที่ 3 โดยเลือกพิสัยของ DCA ให้เหมาะสม บันทึกค่า I_1 , I_2 และ I_3 ในรายงานผลการทดลอง
5. ปิดเครื่องจ่ายไฟ
6. คำนวณค่า I_1, I_2 และ I_3 โดยใช้ข้อมูลค่า R_1, R_2 และ R_3 และ V_1, V_2 และ V_3 จากการทดลองตอนที่ 1 และ 2 โดยใช้กฎของโอห์ม เช่น $I_1 = V_1/ R_1$ เป็นต้น
7. เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากการวัดในข้อ 4. และจากการคำนวณในข้อ 6.