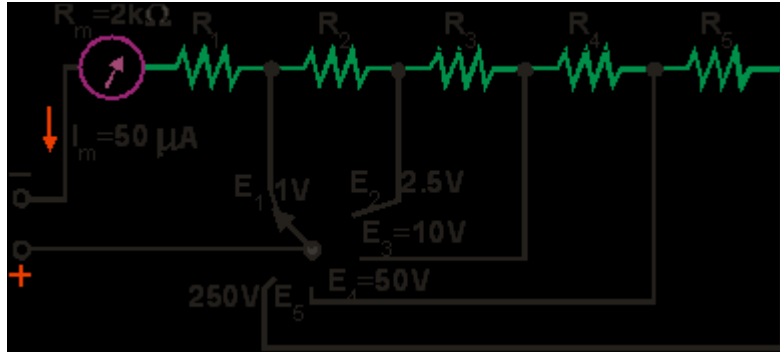


หน่วยที่2. การขยายย่านวัด



จุดประสงค์ทั่วไป

รู้วิธีการใช้และขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์ และวัตต์มิเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้

- อธิบายหลักการทำงานของโวลต์มิเตอร์ได้
- ต่อวงจรและใช้โวลต์มิเตอร์ได้อย่างถูกวิธี
- จำแนกชนิดของโวลต์มิเตอร์ได้
- คำนวณค่าความต้านทานเพื่อนำมาขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์ได้
- อธิบายหลักการทำงานของแอมมิเตอร์ได้
- ต่อวงจรและใช้แอมมิเตอร์ได้อย่างถูกวิธี
- คำนวณค่าความต้านทานเพื่อนำมาขยายย่านวัดแอมมิเตอร์ได้
- อธิบายการทำงานของวงจรโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรมได้
- อธิบายการทำงานของวงจรโอห์มมิเตอร์แบบขนานได้
- ปฏิบัติงานที่ได้รับมอบหมายเสร็จตามกำหนด
- อธิบายการทำงานของวงจรโอห์มมิเตอร์แบบผสมได้

ใบความรู้หน่วยที่ 2.1

วิชา เครื่องวัดไฟฟ้า (รหัส 3104 - 1002)
ชื่อหน่วย โวลต์มิเตอร์และการขยายย่านวัด

เนื้อหาสาระ

1. โวลต์มิเตอร์และการขยายย่านวัด

1.1 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน

มีโครงสร้างและหลักการทำงานมาจากเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ แบบใช้ แม่เหล็กถาวร โดยอาศัยสนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดแรงบิดปายเบน สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าค่าต่ำ ๆ มีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าเต็มสเกล คูณกับค่าความต้านทานภายในของเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่เท่านั้น

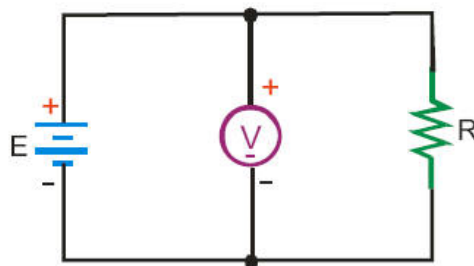
1.1.2 การต่อและใช้งานโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อวัดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง มีวิธีการต่อดังนี้

1.1.2.1 ต่อขนานกับโหลด

1.1.2.2 สายขั้วบวกของเครื่องวัดจะต้องต่อเข้ากับจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงหรือขั้วบวก สายขั้วลบของเครื่องวัดจะต้องต่อเข้ากับจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำหรือขั้วลบ

1.1.2.3 กรณีมีหลายย่านวัดให้เลือกย่านวัดสูงก่อน แล้วจึงลดย่านวัดให้ต่ำลง จนกระทั่งได้ย่านวัดที่ทำให้เข็มชี้อยู่ในตำแหน่งใกล้เคียงค่าเต็มสเกล เพื่อให้อ่านค่าได้ง่าย และมีความถูกต้องมากที่สุด

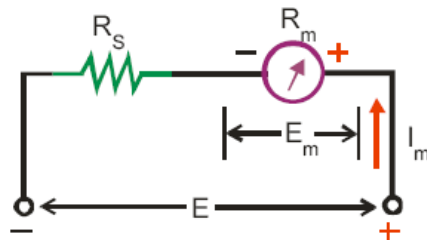
1.1.2.4 อ่านค่าจากสเกลให้สัมพันธ์กับย่านวัดที่ตั้งไว้ วิธีการต่อโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรการต่อโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1.3 การขยายย่านวัด

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง ที่มีโครงสร้างภายในเป็นเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบใช้แม่เหล็กถาวร สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าค่าต่ำๆ เท่ากับกระแสไฟฟ้าเต็มสเกล (I_m) คูณกับค่าความต้านทานภายในของเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ (R_m) เท่านั้น ดังนั้นถ้าต้องการทำให้โวลต์มิเตอร์วัดแรงดันไฟฟ้าได้ย่านวัดสูงขึ้น สามารถทำได้โดยนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมกับเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าตกคร่อมเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่เกินค่าพิกัดที่จะทนได้แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 การขยายย่านวัดโวลต์มิเตอร์

- เมื่อกำหนดให้ R_s คือ ความต้านทานต่ออนุกรมกับเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นโอห์ม
- E_m คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ มีหน่วยเป็นโวลต์
- E คือ แรงดันไฟฟ้าที่ต้องการขยายย่านวัด มีหน่วยเป็นโวลต์

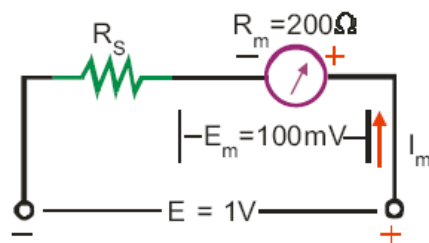
ใช้กฎของโอห์ม หาค่าสมการจากรูปที่ 2

$$E = I_m \cdot (R_s + R_m)$$

$$(R_s + R_m) = \frac{E}{I_m}$$

$$\therefore R_s = \frac{E}{I_m} - R_m = \frac{(E - I_m R_m)}{I_m} = \frac{E}{I_m} - \frac{E_m}{I_m}$$

ตัวอย่างที่ 1 เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ มีย่านวัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 100 mV ความต้านทานภายใน 200 Ω ต้องการขยายย่านวัดแรงดันไฟฟ้าได้สูงสุด 1 V จะต้องใช้ตัวต้านทานค่าเท่าไร มาต่ออนุกรมกับเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่



$$I_m = \frac{E_m}{R_m} = \frac{100\text{mV}}{200\Omega} = 0.5\text{mA}$$

$$R_s = \frac{E - E_m}{I_m} = \frac{1\text{V} - 100\text{mV}}{0.5\text{mA}} = 1,800\Omega$$

ตัวอย่างที่ 2 จากตัวอย่างที่ 1 ถ้านำเครื่องวัดไปวัดแรงดันไฟฟ้า 100 mV ที่ย่านวัด 100 mV และวัดแรงดันไฟฟ้า 1 V ที่ย่านวัด 1V เมื่ออุณหภูมิขณะทำการวัด 35 °C อุณหภูมิเปลี่ยนไปจากอุณหภูมิมาตรฐาน (20°C)

$$\Delta t = t_2 - t_1$$

$$= 35^\circ\text{C} - 20^\circ\text{C} = 15^\circ\text{C}$$

ค่าความต้านทานภายในของขดลวดเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น ตามสมการ

$$R_{\infty} = R_{\infty}(1 + \alpha \Delta t)$$

ที่ย่านวัด 100 mV กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าขดลวดเคลื่อนที่ จะมีค่าไม่ถึงค่า I_m เนื่องจากค่าความต้านทานภายในเพิ่มขึ้น ดังนั้น

$$I(100 \text{ mV}) = \frac{E_m}{R_{m35^\circ\text{C}}} = \frac{100 \text{ mV}}{212 \Omega} = 0.472 \text{ mA}$$

$$\begin{aligned} \text{ค่าผิดพลาดสัมบูรณ์ } (E_a) &= I(100 \text{ mV}) - I_m = 0.472 \text{ mA} - 0.5 \text{ mA} \\ &= -0.028 \text{ mA} \end{aligned}$$

$$\text{ค่าผิดพลาดสัมพัทธ์ } (E_r) = \frac{E_a}{I_m} \times 100 = \frac{-0.028 \text{ mA} \times 100}{0.5 \text{ mA}} = -5.66\%$$

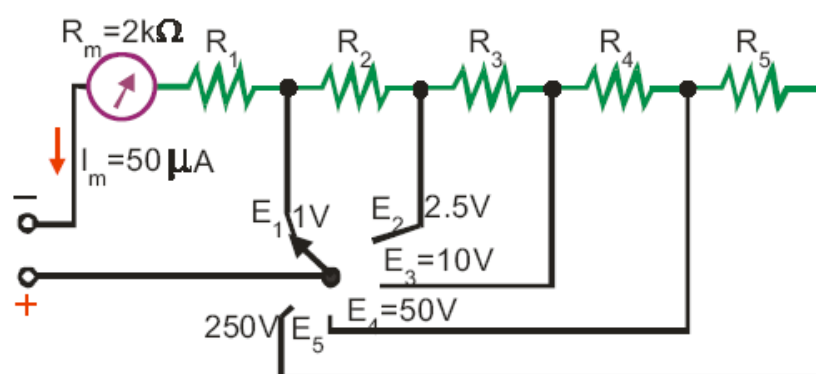
ที่ย่านวัด 1V ค่าความต้านทานภายในของขดลวดทองแดงที่เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น 12Ω

ค่าความต้านทาน R_S จะเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานเนื่องจากอุณหภูมิน้อยมาก เพราะทำด้วยแมงกานีส ดังนั้นความต้านทานรวมของวงจรที่อุณหภูมิ 35°C จะได้

$$R_{35^\circ\text{C}} = R_{m35^\circ\text{C}} + R_S = 212 \Omega + 1,800 \Omega = 2,012 \Omega$$

$$\text{กระแสไฟฟ้าที่ย่านวัด 1V } I(1V) = \frac{E}{R_t} = \frac{1 \text{ V}}{2,012 \Omega} = 0.497 \text{ mA}$$

ตัวอย่างที่ 3 โวลต์มิเตอร์มีย่านวัดดังรูป ให้คำนวณหาค่า R_1 , R_2 , R_3 , R_4 และ R_5



$$\begin{aligned}
 E_m &= I_m \cdot R_m &= 50 \mu\text{A} \cdot 2 \text{ k}\Omega &= 100 \text{ mV} \\
 R_1 &= \frac{E_1 - E_m}{I_m} &= \frac{1 \text{ V} - 100 \text{ mV}}{50 \mu\text{A}} &= 18 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

1.2 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

1.2.1 โครงสร้างและหลักการทำงาน

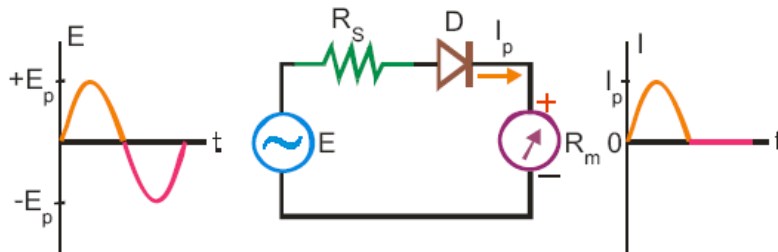
โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ อาศัยโครงสร้างและหลักการทำงานของเครื่องวัดชนิดหลักเคลื่อนที่ ซึ่งเป็นเครื่องวัดที่สามารถนำมาใช้งานเป็นโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับได้ หรือใช้เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่แบบใช้แม่เหล็กถาวรใช้ร่วมกับวงจรเรียงกระแส

1.2.2 การต่อและใช้งาน

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ มีวิธีการต่อและใช้งานเหมือนกับโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง แต่ไม่ต้องพิจารณาถึงขั้วบวกขั้วลบของเครื่องวัด ในขณะที่ใช้วัดค่า วิธีการต่อโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ แสดง

1.2.3.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ซึ่งประกอบเป็นวงจรเบื้องต้นของโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้า

กระแสสลับ ดังรูปที่ 4



รูปที่ 4 วงจรโวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับเบื้องต้น

จากรูปที่ 4 ไดโอดจะทำงานเฉพาะครึ่งไซเคิลบวกของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเท่านั้น ทำให้มีสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่เฉพาะครึ่งคลื่นบวกและกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องวัดก็มีเฉพาะช่วงบวกเป็นกระแทยอด (Peak current : I_p)

$$I_p = \frac{E_p}{R_s + R_m} \quad \dots(1)$$

$$E_p = I_p(R_s + R_m) \quad \dots(2)$$

กระแทยอดที่ไหลผ่านเครื่องวัดจะไหลผ่านเป็นช่วงๆ เข็มชี้ของเครื่องวัดจะแกว่งไปมา แต่เนื่องจากความถี่ของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ทำการวัดมีความถี่สูง 50 Hz ทำให้เข็มชี้ของเครื่องวัดแกว่งเร็วจนชี้ค่าเฉลี่ยออกมาค่าหนึ่ง

$$I_{av} = (0.318) \cdot I_p \quad \dots(3)$$

$$I_p = \frac{I_{av}}{0.318} \quad \dots(4)$$

แทนค่า (1) ลงใน (3)

$$I_{av} = \frac{(0.318) \cdot E_p}{R_s + R_m}$$

โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่สร้างขึ้นมาใช้งาน สเกลหน้าปัดจะแสดงค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับไว้เป็นแบบอาร์เอ็มเอส(r.m.s.) แรงดันอาร์เอ็มเอสของสัญญาณรูปคลื่นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่าเป็น

$$E_{r.m.s.} = (0.707) \cdot E_p \quad \dots(5)$$

แทนค่า (2) ลงใน (5)

$$E_{r.m.s.} = (0.707) \cdot I_p \cdot (R_S + R_m) \quad \dots(6)$$

แทนค่า (4) ลงใน (6)

$$E_{r.m.s.} = \frac{(0.707) \cdot I_{av} \cdot (R_S + R_m)}{0.318}$$

$$E_{r.m.s.} = (2.22) \cdot I_{av} \cdot (R_S + R_m)$$

ถ้าต้องการวัดแรงดันอาร์เอ็มเอสเต็มสเกล จะต้องมีการใส่ไฟฟ้าไหลผ่านเครื่องวัดเต็มสเกล (I_m)

จะได้สมการใหม่เป็น

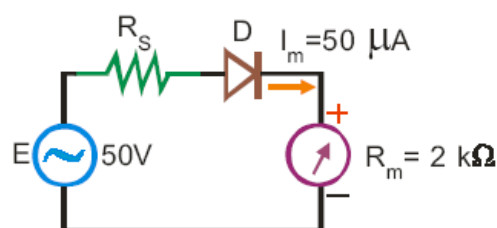
$$E_{r.m.s.} = (2.22) \cdot I_m \cdot (R_S + R_m)$$

$$(R_S + R_m) = \frac{E_{r.m.s.}}{(2.22) \cdot I_m} = \frac{(0.45) \cdot E_{r.m.s.}}{I_m}$$

$$\therefore R_S = \frac{(0.45) \cdot E_{r.m.s.}}{I_m} - R_m$$

เมื่อกำหนดให้ $E_{r.m.s.}$ คือแรงดันไฟฟ้ากระแสลับที่ต้องการขยายย่านวัด มีหน่วยเป็นโวลต์

ตัวอย่างที่ 4 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสลับจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสลับมีค่า 50 V กระแสไฟฟ้าเต็มสเกล 50 μ A ความต้านทานภายใน 2 k Ω ใช้วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น จงหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่นำมาต่ออนุกรม



จากสูตร

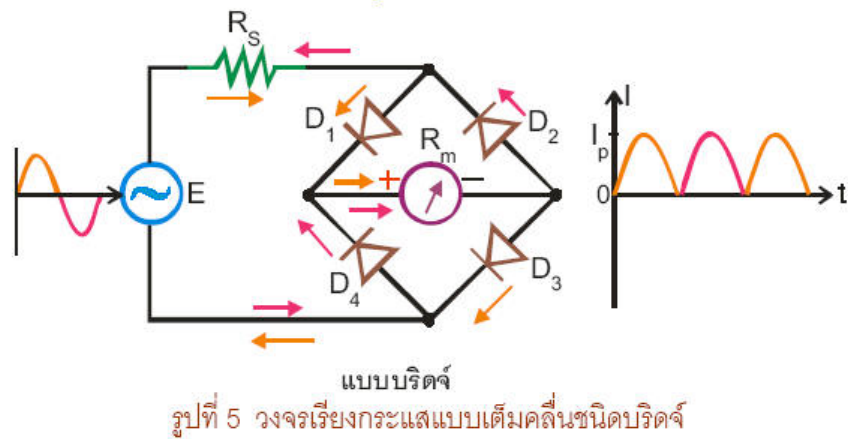
$$R_S = \frac{(0.45) \cdot E_{r.m.s.}}{I_m} - R_m$$

$$= \frac{(0.45) \cdot 50 \text{ V} - 2 \text{ k}\Omega}{50 \mu\text{A}}$$

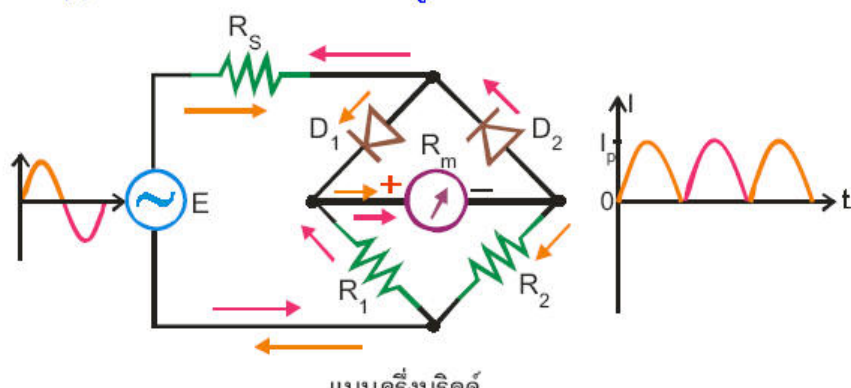
$$= 448 \text{ k}\Omega$$

1.2.3.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น เนื่องจากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นจะมีกระแสไฟฟ้าเฉลี่ยผ่านเครื่องวัดเพียง 31.8% เท่านั้น ทำให้เครื่องวัดมีความไวต่ำจึงใช้วงจรเรียง-กระแสแบบเต็มคลื่น ซึ่งแบ่งได้ 2 ชนิด ดังนี้

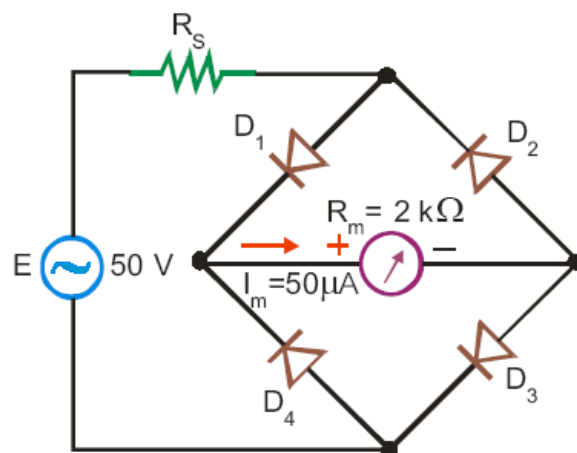
(1) ชนิดบริดจ์ แสดงวงจรดังรูปที่ 5



(2) ชนิดครึ่งบริดจ์ แสดงวงจรดังรูปที่ 6



ตัวอย่างที่ 5 โวลต์มิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับจะมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับมีค่า 50 V กระแสไฟฟ้าเต็มสเกล 50 μA ความต้านทานภายใน 2 k Ω ใช้วงจรเรียงกระแสแบบแบบบริดจ์ จงหาค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่นำมาต่ออนุกรม



จากสูตร

$$\begin{aligned}
 R_s &= \frac{(0.9) \cdot E_{r.m.s}}{I_m} - R_m \\
 &= \frac{(0.9) \cdot 50 \text{ V}}{50 \mu\text{A}} - 2 \text{ k}\Omega \\
 &= 898 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

ใบความรู้ หน่วยที่ 22

เรื่อง แอมมิเตอร์และการขยายย่านวัด

เนื้อหาสาระ

แอมมิเตอร์และการขยายย่านวัด

1. แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1.1. โครงสร้างและหลักการทำงาน มีโครงสร้างและหลักการทำงานมาจากเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ แบบใช้แม่เหล็กถาวร โดยอาศัยสนามแม่เหล็กถาวร และสนามแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในขดลวดตัวนำ ที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดแรงบิดปายเบนสามารถวัดกระแสไฟฟ้าค่าต่ำ ๆ มีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าเต็มสเกล ที่ไหลผ่านเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่เท่านั้น

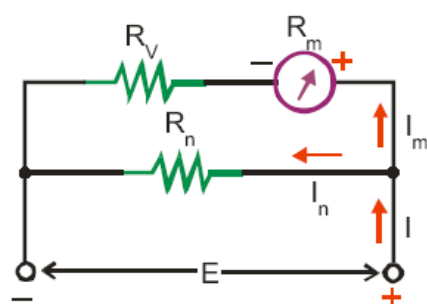
1.2 การต่อและใช้งานแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อวัดกระแสไฟฟ้ากระแสตรงมีวิธีการต่อ ดังนี้

1.2.1 ต่ออนุกรมกับโหลด

1.2.2 สายขั้วบวกของเครื่องวัดจะต้องต่อเข้ากับจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงหรือขั้วบวก สายขั้วลบของเครื่องวัดจะต้องต่อเข้ากับจุดที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำหรือขั้วลบ

1.3 การขยายย่านวัด แอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง สามารถขยายย่านวัดได้ 2 วิธี ดังนี้

1.3.1 โดยนำตัวต้านทานมาต่อขนานกับเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ เพื่อแบ่งกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่ ส่วนที่เกินค่าพิกัดให้ไหลผ่านตัวต้านทานที่นำต่อขนานแทน

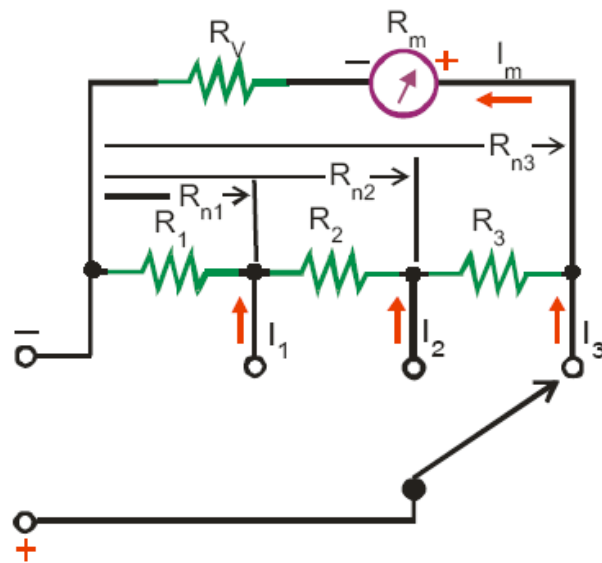


ตัวอย่างที่ 1 เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $E_m = 25 \text{ mV}$ มี

กระแสไฟฟ้า $I_m = 0.1 \text{ mA}$ ถ้าต้องการขยายย่านวัดแรงดันไฟฟ้าให้วัดได้ 20 เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดเคลื่อนที่ โดยการต่อ R_v อนุกรมกับขดลวดเคลื่อนที่จงหาค่าความต้านทานอนุกรม R_v และ
จากย่านวัดแรงดันไฟฟ้านี้ต้องการขยายย่านวัดให้ได้ 15 A จงหาค่าความต้านทานที่นำมาต่อ
ขนาน R_n

R_v R_m

2 วงจรขยายย่านวัดแบบอาร์ตอม



รูปที่ 3 วงจรขยายย่านวัดแบบอาร์ตอม

$$R_1 = R_{n1}$$

$$R_2 = R_{n2} = R_{n1}$$

$$R_3 = R_{n3} = R_{n2}$$

$$R_S = R_V + R_m + R_{n3} \quad \dots(1)$$

เมื่อกำหนดให้ R_S คือความต้านทานภายในรูป มีหน่วยเป็นโอห์ม

R_{n3} คือความต้านทานขยายย่านวัดแบบอาร์ตอม มีหน่วยเป็นโอห์ม

$$\text{จากสมการ (1) } R_S - R_{n3} = R_V + R_m \quad \dots(2)$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $R_V + R_m$ เท่ากับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทาน R_{n3}

$$I_m \cdot (R_V + R_m) = (I_3 - I_m) \cdot R_{n3} \quad \dots(3)$$

แทนสมการที่ (2) ลงใน (3)

$$I_m \cdot (R_S - R_{n3}) = (I_3 - I_m) \cdot R_{n3}$$

$$I_m \cdot R_S - I_m \cdot R_{n3} = I_3 \cdot R_{n3} - I_m \cdot R_{n3}$$

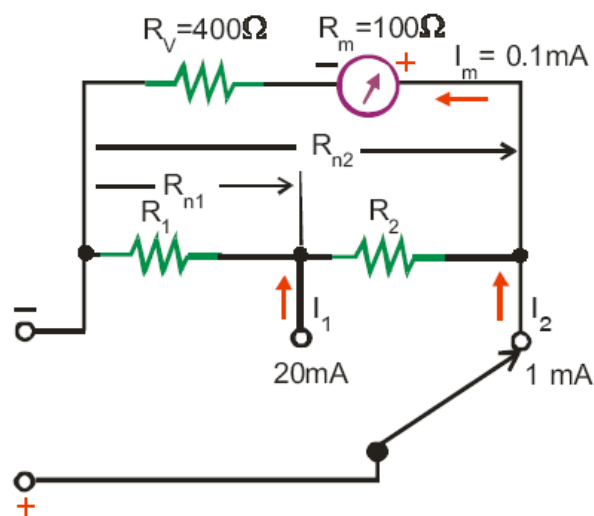
$$I_m \cdot R_S = I_3 \cdot R_{n3}$$

$$R_{n3} = \frac{I_m \cdot R_S}{I_3}$$

$$R_{n2} = \frac{I_m \cdot R_S}{I_2}$$

$$R_{n1} = \frac{I_m \cdot R_S}{I_2}$$

ตัวอย่างที่ 2 วงจรขยายย่านวัดแอมมิเตอร์แบบอาร์ตอม เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีค่าความต้านทานภายใน $R_m = 100 \Omega$ กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มชี้ไปยังเบนเต็มสเกล $I_m = 0.1 \text{ mA}$ ต้องการขยายย่านวัดเป็น 1 mA , 20 mA จงหาค่าความต้านทานแต่ละย่านวัด



ที่ย่านวัดกระแสไฟฟ้าต่ำสุด $I_2 = 1 \text{ mA}$ เป็นย่านวัดที่ใช้ในการกำหนดค่าของความต้านทานมีค่าความต้านทานสูงสุด (R_{n2})

$$R_{n2} = \frac{I_m \cdot (R_v + R_m)}{(I_2 - I_m)} = \frac{0.1 \text{ mA}(400\Omega + 100\Omega)}{(1 \text{ mA} - 0.1 \text{ mA})} = 55.56 \quad \Omega$$

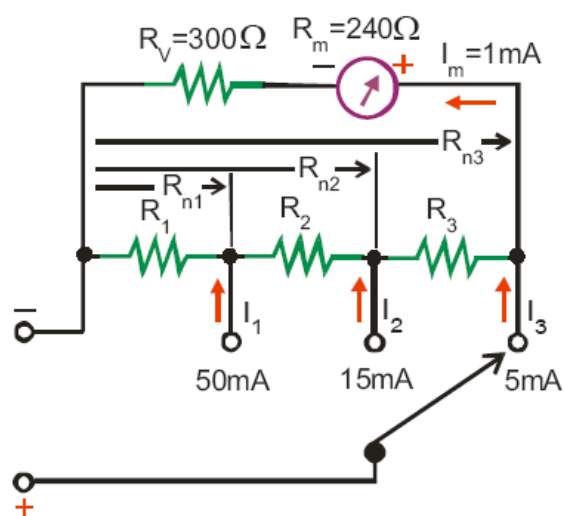
$$R_s = R_v + R_m + R_{n2} = 400\Omega + 100\Omega + 55.56\Omega = 555.56 \quad \Omega$$

$$R_{n1} = \frac{I_m \cdot R_s}{I_1} = \frac{0.1 \text{ mA} \cdot 555.56 \Omega}{20 \text{ mA}} = 2.78 \quad \Omega$$

$$R_1 = R_{n1} = 2.78 \quad \Omega$$

$$R_2 = R_{n2} - R_{n1} = 55.56 \Omega - 2.78 \Omega = 52.78 \quad \Omega$$

ตัวอย่างที่ 3 วงจรขยายย่านวัดแอมมิเตอร์แบบอาร์ตอม เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีค่าความต้านทานภายใน $R_m = 240 \Omega$ กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มชี้ปายเบนเต็มสเกล $I_m = 1 \text{ mA}$ ต้องการขยายย่านวัดเป็น 5 mA , 15 mA , 50 mA จงหาค่าความต้านทานแต่ละย่านวัด

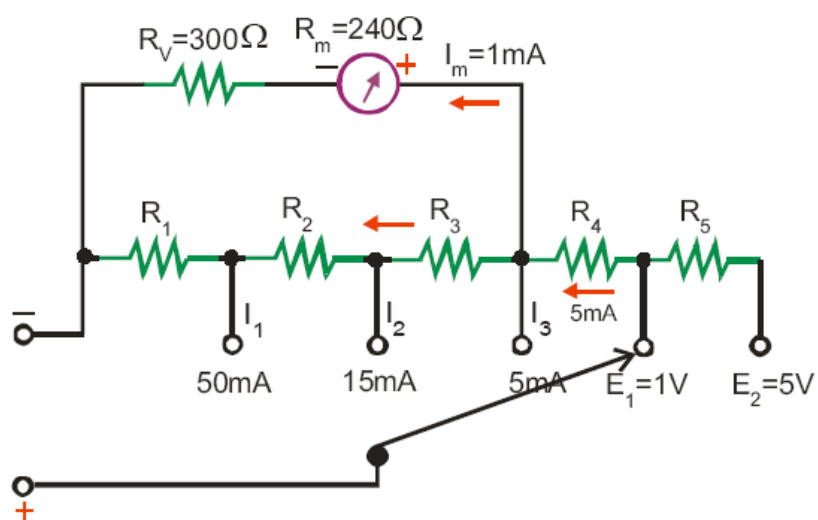


ที่ย่านวัดกระแสไฟฟ้าต่ำสุด $I_3 = 5 \text{ mA}$ เป็นย่านวัดที่ใช้ในการกำหนดค่าของความต้านทานมีค่าความต้านทานสูงสุด (R_{n3})

$$\begin{aligned}
 R_{n3} \cdot (I_3 - I_m) &= I_m \cdot (R_m + R_V) \\
 R_{n3} &= \frac{I_m \cdot (R_m + R_V)}{(I_3 - I_m)} \\
 R_{n3} &= \frac{1 \text{ mA} \cdot (300 \Omega + 240 \Omega)}{(5 \text{ mA} - 1 \text{ mA})} = 135 \Omega \\
 R_S &= R_m + R_V + R_{n3} \\
 &= 300 \Omega + 240 \Omega + 135 \Omega = 675 \Omega
 \end{aligned}$$

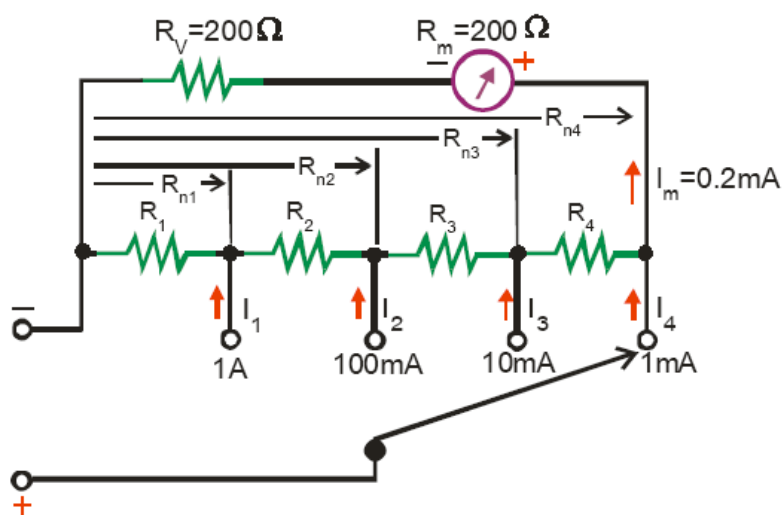
$$\begin{aligned}
 R_1 &= R_{n1} = 13.50 \, \Omega \\
 R_2 &= R_{n2} - R_{n1} = 45 \, \Omega - 13.50 \, \Omega = 31.50 \, \Omega \\
 R_3 &= R_{n3} - R_{n2} = 135 \, \Omega - 45 \, \Omega = 90 \, \Omega
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 4 จากตัวอย่างที่ 3 ซึ่งขยายย่านวัดแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็น 5 mA, 15 mA, 50 mA และนำมาขยายย่านวัดเป็นโวลต์มิเตอร์ 1 V, 5 V จงคำนวณหาค่าความต้านทาน R_4 , R_5



กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานอนุกรม ต้องใช้กระแสไฟฟ้าย่านวัดต่ำสุด (I_2) เนื่องจาก

ตัวอย่างที่ 5 วงจรขยายย่านวัดแอมมิเตอร์แบบบาร์ทอม เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีค่าความต้านทานภายใน $R_m = 200\ \Omega$ กระแสไฟฟ้าที่ทำให้เข็มชี้ไปยังเบนเต็มสเกล $I_m = 0.2\ \text{mA}$ ต้องการขยายย่านวัดเป็น $1\ \text{mA}$, $10\ \text{mA}$, $100\ \text{mA}$, $1\ \text{A}$ จงหาค่าความต้านทานแต่ละย่านวัด



$$R_{n2} = \frac{I_m \cdot R_S}{I_2} = \frac{0.2 \text{ mA} \cdot 500 \, \Omega}{100 \text{ mA}} = 1 \, \Omega$$

$$R_{n1} = \frac{I_m \cdot R_S}{I_1} = \frac{0.2 \text{ mA} \cdot 500 \, \Omega}{1 \text{ A}} = 0.1 \, \Omega$$

$$R_1 = R_{n1} = 0.1 \, \Omega$$

$$R_2 = R_{n2} - R_{n1} = 1 \, \Omega - 0.1 \, \Omega = 0.9 \, \Omega$$

$$R_3 = R_{n3} - R_{n2} = 10 \, \Omega - 1 \, \Omega = 9 \, \Omega$$

$$R_4 = R_{n4} - R_{n3} = 100 \, \Omega - 10 \, \Omega = 90 \, \Omega$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานอนุกรม ต้องใช้กระแสไฟฟ้าย่านวัดต่ำสุด (I_4) เนื่องจาก
 ที่จุด B จะต้องมีการแบ่งไฟฟ้าเป็น I_m และ กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_{n4}

$$R_5 = \frac{E_1 - E_{AB}}{I_4} = \frac{100 \text{ mV} - 0.2 \text{ mA}(200\Omega + 200\Omega)}{1 \text{ mA}} = 20 \Omega$$

$$R_6 = \frac{E_2 - E_1}{I_4} = \frac{1 \text{ V} - 100 \text{ mV}}{1 \text{ mA}} = 900 \Omega$$

$$R_7 = \frac{E_3 - E_2}{I_4} = \frac{10 \text{ V} - 1 \text{ V}}{1 \text{ mA}} = 9 \text{ k}\Omega$$

ใบความรู้ หน่วยที่ 23

เรื่อง โอห์มมิเตอร์และการขยายย่านวัด

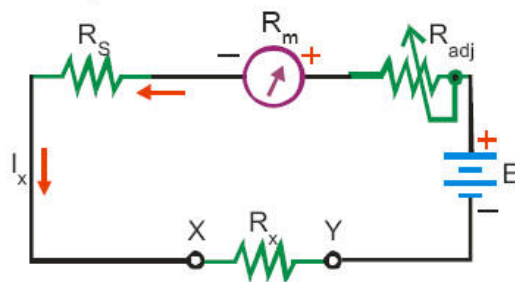
เนื้อหาสาระ

เรื่อง โอห์มมิเตอร์และการขยายย่านวัด

โอห์มมิเตอร์สามารถจำแนกได้ 3 ประเภทดังนี้

1. โอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

เป็นโอห์มมิเตอร์เบื้องต้น ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม

เมื่อกำหนดให้ I_x คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ เมื่อต่อตัวต้านทาน R_x มีหน่วยเป็นแอมแปร์

E คือแรงดันไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ในวงจร มีหน่วยเป็นโวลต์

R_s คือความต้านทานป้องกันกระแสจำนวนมากผ่านมิเตอร์ มีหน่วยเป็นโอห์ม

R_{adj} คือความต้านทานจำกัดกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล

มีหน่วยเป็นโอห์ม

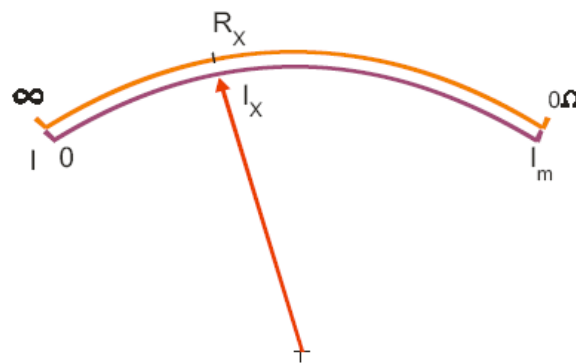
R_x คือความต้านทานที่ไม่ทราบค่าที่ต้องการวัด มีหน่วยเป็นโอห์ม

เมื่อ $R_x = 0$ (จุด X และจุด Y ต่อกัน) ปรับ R_{adj} จนกระแสไฟฟ้าในวงจรมีค่าสูงสุด (I_m)

ตำแหน่งนี้คือ $0 \ \Omega$ บนสเกล และเมื่อ $R_x = \infty$ (จุด X และจุด Y ต่อกัน) กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็นศูนย์

ตำแหน่งนี้คือ ∞ บนสเกล

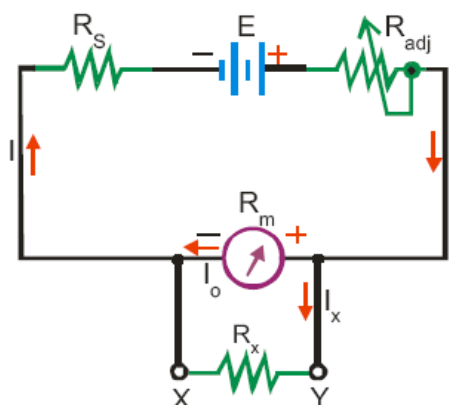
เมื่อต่อ R_x เข้าที่จุด X และจุด Y กระแสไฟฟ้าในวงจรเป็น I_x ตำแหน่งนี้คือค่า R_x บนสเกล
 โห้มีเตอร์แบบอนุกรม นิยมใช้วัดความต้านทานค่าปานกลางและค่าสูงมีสเกลดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 สเกลของโห้มีเตอร์แบบอนุกรม

2 โห้มีเตอร์แบบขนาน

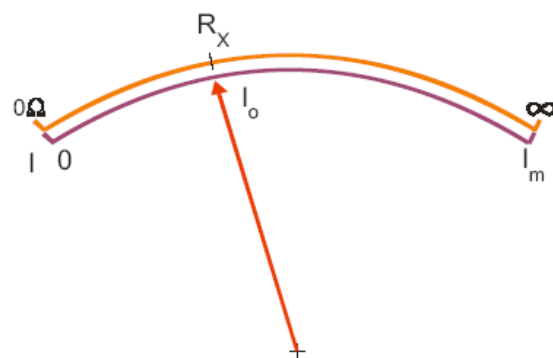
เป็นโห้มีเตอร์พื้นฐานอีกแบบหนึ่ง ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 วงจรโห้มีเตอร์แบบขนาน

เมื่อ $R_x = 0$ (จุด X และจุด Y ต่อถึงกัน) ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์ กระแสไฟฟ้าทั้งหมดจะ
 ผ่านจุด XY ตำแหน่งนี้คือ 0Ω บนสเกล และเมื่อ $R_x = \infty$ (จุด X และจุด Y ต่อไม่ถึงกัน) ปรับ R_{adj} จน

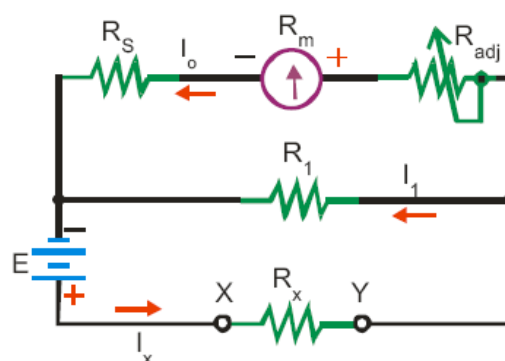
เมื่อต่อ R_x เข้าที่จุด X และจุด Y กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์เป็น I_o และกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_x เป็น I_x ตำแหน่งนี้คือค่า R_x บนสเกล โอห์มมิเตอร์แบบขนาน นิยมใช้วัดความต้านทานค่าต่ำและค่าปานกลาง มีสเกลดังรูปที่ 4



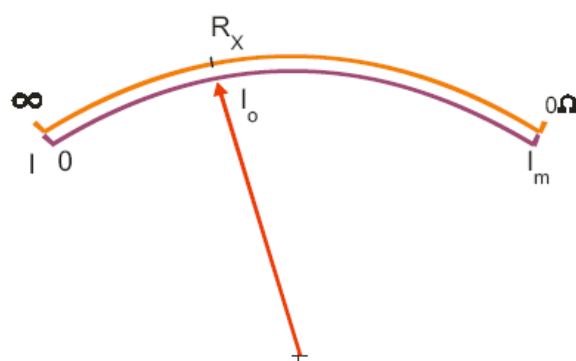
รูปที่ 4 สเกลของโอห์มมิเตอร์แบบขนาน

3 โอห์มมิเตอร์แบบผสม

เป็นโอห์มมิเตอร์ที่มีความต้านทานมาตรฐานต่อขนานกับความต้านทานของโอห์มมิเตอร์แบบอนุกรม ความต้านทานที่ต้องการทราบค่า (R_x) จะต่อเป็นตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้ากับความต้านทานมาตรฐาน ดังรูปที่ 5



เมื่อต่อ R_x เข้าที่จุด X และจุด Y กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์เป็น I_o และกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_x เป็น I_x ตำแหน่งนี้คือค่า R_x บนสเกล โอห์มมิเตอร์แบบผสม วัดค่าความต้านทานไม่ทราบค่าได้ดีเกือบทุกค่า ตั้งแต่ค่าต่ำถึงค่าสูง มีสเกลดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 สเกลของโอห์มมิเตอร์แบบผสม

การใช้โอห์มมิเตอร์วัดค่าความต้านทาน

1. ก่อนใช้โอห์มมิเตอร์และมีการเปลี่ยนย่านวัดทุกครั้ง จะต้องให้เข็มชี้ที่ $0\ \Omega$ ก่อนทุกครั้ง โดยนำปลายสายทั้งสองมาแตะกัน ถ้าเข็มยังไม่ชี้ที่ $0\ \Omega$ ให้ปรับปุ่ม $0\ \Omega$ (Zero Adjust) จนกระทั่งเข็มชี้ที่ $0\ \Omega$
2. นำปลายสายทั้งสอง ไปต่อขนานกับตัวต้านทานหรืออุปกรณ์ที่ต้องการวัดค่า

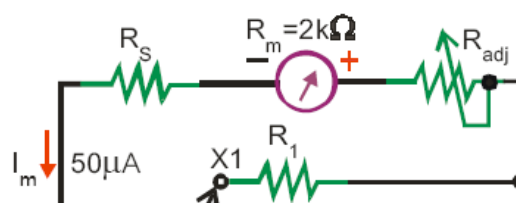
การขยายย่านวัดโอห์มมิเตอร์

ทำเป็นโอห์มมิเตอร์หลายย่านวัดจะต้องใช้สเกลในการวัดค่าเพียงสเกลเดียว ดังนั้นการสร้างโอห์มมิเตอร์หลายย่านวัดจึงต้องถือค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลเป็นส่วนสำคัญ เพื่อจะทำให้สามารถใช้สเกลร่วมกันได้ ถ้าเพิ่มมิเตอร์ซึ่งกึ่งกลางสเกล แสดงว่าความต้านทานที่นำมาวัดจะมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ ดังนั้นถ้าความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าต่ำจะวัดค่าความต้านทานได้ต่ำ และถ้าความต้านทานภายในมิเตอร์มีค่าสูงจะวัดค่าความต้านทานได้สูง การเปลี่ยนค่าความต้านทานภายในมิเตอร์ ทำได้โดยการเปลี่ยนความต้านทานที่นำมาต่อขนานกับความต้านทานภายในมิเตอร์ โอห์มมิเตอร์หลายย่านวัด นิยมทำให้ค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลเพิ่มขึ้นเป็นจำนวนเท่า เช่น 10 เท่า, 100 เท่า, 1,000 เท่า และ 10,000 เท่า เป็นต้น โดยการเพิ่มค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลเป็นหลัก ดังตัวอย่างค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลมิเตอร์มีค่า $15\ \Omega$ จะเพิ่มย่านการวัดได้เป็น ดังนี้

ย่านวัด $R \times 1$ ค่าความต้านทานกลางสเกล มีค่า $15\ \Omega$

ย่านวัด $R \times 10$ ค่าความต้านทานกลางสเกล มีค่า $150\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 1 จากรูป เครื่องวัดชนิดขดลวดเคลื่อนที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเต็มสเกล $50\ \mu\text{A}$ ความต้านทานภายใน $2\ \text{k}\Omega$ เมื่อต้องการทำเป็นโอห์มมิเตอร์หลายย่านวัด มีย่านวัด $\times 1$, $\times 10$ กำหนดให้ค่าความต้านทานกึ่งกลางสเกลของย่านวัดต่ำสุดเท่ากับ $20\ \Omega$ จงหาค่า R_S , R_{adj} และค่าความต้านทานที่นำมาต่อขยายย่านวัดของโอห์มมิเตอร์แต่ละย่านวัด R_1 , R_2



R_{adj} ควรเลือกค่าให้มากกว่าค่าที่ต้องการจริงเนื่องจากปรับค่าได้ และสามารถปรับให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกลก่อนการใช้งาน

ที่ย่านวัด ×1 ค่าความต้านทานกลางสเกล = $20\ \Omega$

$$\therefore 20\ \Omega = R_t // R_1$$

$$20\ \Omega = \frac{R_t \cdot R_1}{R_t + R_1}$$

$$20\ \Omega = \frac{(60\ k\Omega) \cdot R_1}{(60\ k\Omega) + R_1}$$

$$20\ \Omega \cdot ((60\ k\Omega) + R_1) = (60\ k\Omega) \cdot R_1$$

$$1.2\ M\Omega + 0.02\ k\Omega \cdot R_1 = (60\ k\Omega) \cdot R_1$$

$$(60\ k\Omega) \cdot R_1 - 0.02\ k\Omega \cdot R_1 = 1.2\ M\Omega$$

$$59.98\ k\Omega \cdot R_1 = 1.2\ M\Omega$$

$$\therefore R_1 = \frac{1.2\ M\Omega}{59.98\ k\Omega} = 20\ \Omega$$

ที่ย่านวัด ×10 ค่าความต้านทานกลางสเกล = $200\ \Omega$

$$\therefore 200\ \Omega = R_t // R_2$$

$$200\ \Omega = \frac{R_t \cdot R_2}{R_t + R_2}$$

$$200\ \Omega = \frac{(60\ k\Omega) \cdot R_2}{(60\ k\Omega) + R_2}$$

$$200\ \Omega \cdot ((60\ k\Omega) + R_2) = (60\ k\Omega) \cdot R_2$$

$$12\ M\Omega + 0.2\ k\Omega \cdot R_2 = (60\ k\Omega) \cdot R_2$$

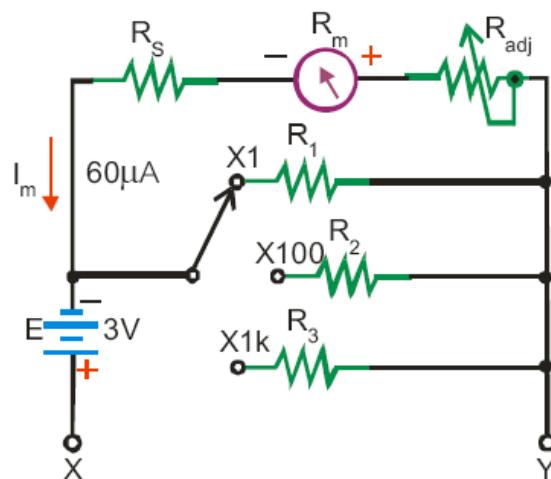
$$(60\ k\Omega) \cdot R_2 - 0.2\ k\Omega \cdot R_2 = 12\ M\Omega$$

$$(60\ k\Omega) \cdot R_2 - 0.2\ k\Omega \cdot R_2 = 12\ M\Omega$$

$$59.80\ k\Omega \cdot R_2 = 12\ M\Omega$$

$$\therefore R_2 = \frac{12 \text{ M}\Omega}{59.80 \text{ k}\Omega} = 200.67 \text{ }\Omega$$

ตัวอย่างที่ 2 จากรูป กำหนดให้ความต้านทานกึ่งกลางสเกลมีค่า $30 \text{ }\Omega$ ต้องการทำเป็นโอห์มมิเตอร์
หลายย่านวัด มีย่านวัด $\times 1, \times 100, \times 1\text{k}$ จงหาค่า R_1 , R_2 และ R_3



ลัดวงจรจุด X และจุด Y เข้าด้วยกัน ปรับ R_{adj} ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านมิเตอร์เต็มสเกล

$I_m = 60 \text{ }\mu\text{A}$ ดังนั้นจะได้ค่าความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่ากับ

$$R_t = \frac{E}{I_m} = \frac{3 \text{ V}}{60 \text{ }\mu\text{A}} = 50 \text{ k}\Omega$$

ที่ย่านวัด $\times 1$ ความต้านทานกึ่งกลางสเกลเท่ากับ $30 \text{ }\Omega$

$$30 \text{ }\Omega = \frac{R_t \cdot R_1}{R_t + R_1} = \frac{50 \text{ k}\Omega \cdot R_1}{50 \text{ k}\Omega + R_1}$$

$$30 \text{ }\Omega \cdot (50 \text{ k}\Omega + R_1) = 50 \text{ k}\Omega \cdot R_1$$

$$1.5 \text{ M}\Omega + 0.03 \text{ k}\Omega \cdot R_1 = 50 \text{ k}\Omega \cdot R_1$$

$$50 \text{ k}\Omega \cdot R_1 - 0.03 \text{ k}\Omega \cdot R_1 = 1.5 \text{ M}\Omega$$

$$R_1 = \frac{1.5 \text{ M}\Omega}{49.97 \text{ k}\Omega} = 30.02 \text{ }\Omega$$

ที่ย่านวัด x100 ความต้านทานกึ่งกลางสเกลเท่ากับ 3 kΩ

$$\begin{aligned}
 3 \text{ k}\Omega &= \frac{R_t \cdot R_2}{R_t + R_2} = \frac{50 \text{ k}\Omega \cdot R_2}{50 \text{ k}\Omega + R_2} \\
 3 \text{ k}\Omega \cdot (50 \text{ k}\Omega + R_2) &= 50 \text{ k}\Omega \cdot R_2 \\
 150 \text{ M}\Omega + 3 \text{ k}\Omega \cdot R_2 &= 50 \text{ k}\Omega \cdot R_2 \\
 50 \text{ k}\Omega \cdot R_2 - 3 \text{ k}\Omega \cdot R_2 &= 150 \text{ M}\Omega \\
 R_2 &= \frac{150 \text{ M}\Omega}{47 \text{ k}\Omega} = 3.19 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

ที่ย่านวัด x1k ความต้านทานกึ่งกลางสเกลเท่ากับ 30 kΩ

$$\begin{aligned}
 30 \text{ k}\Omega &= \frac{R_t \cdot R_3}{R_t + R_3} = \frac{50 \text{ k}\Omega \cdot R_3}{50 \text{ k}\Omega + R_3} \\
 30 \text{ k}\Omega \cdot (50 \text{ k}\Omega + R_3) &= 50 \text{ k}\Omega \cdot R_3 \\
 1500 \text{ M}\Omega + 30 \text{ k}\Omega \cdot R_3 &= 50 \text{ k}\Omega \cdot R_3 \\
 50 \text{ k}\Omega \cdot R_3 - 30 \text{ k}\Omega \cdot R_3 &= 1500 \text{ M}\Omega \\
 R_3 &= \frac{1500 \text{ M}\Omega}{20 \text{ k}\Omega} = 75 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

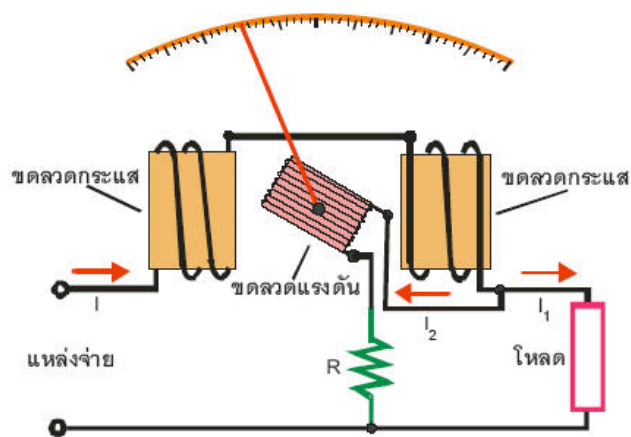
ใบความรู้ หน่วยที่ 24

เรื่อง วัดต์มิเตอร์และการขยายย่านวัด

เนื้อหาสาระ

เรื่อง วัดต์มิเตอร์และการขยายย่านวัด

1. หลักการทำงานของวัดต์มิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิค

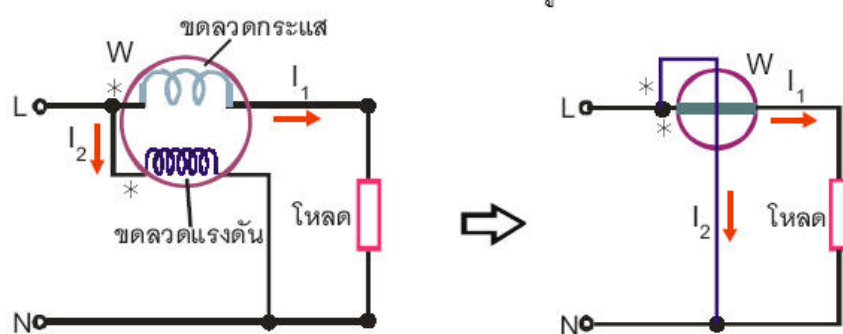


รูปที่ 1 โครงสร้างและส่วนประกอบของวัดต์มิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิค

จากรูปที่ 1 ซึ่งประกอบด้วยขดลวดกระแส เป็นขดลวดสนามอยู่กับที่ ต่ออนุกรมกับโหลด
ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวดกระแสจะขึ้นต่อกับกระแสไฟฟ้าของโหลด ขดลวดแรงดันเป็นขดลวด

2. วงจรสมมูลของวัตต์มิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิค แบ่งได้ 2 แบบ ดังนี้

2.1 วงจรกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลดมีค่าน้อย แสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรสมมูลแบบวงจรกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลดมีค่าน้อย

จากรูปที่ 2 ขดลวดกระแสต่ออนุกรมกับโหลด ขดลวดแรงดันต่อขนานกับแหล่งจ่าย ในการต่อจะต้องพิจารณาจุดต้น ของขดลวด โดยมีเครื่องหมาย * หรือ $\pm$ กำกับอยู่

2.2 วงจรกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลดมีค่ามาก แสดงดังรูปที่ 3



W และมีชั้นคุณภาพสูง 1, 1.5 เพราะมีกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่แกนเหล็ก และใช้กับไฟฟ้าที่มีความถี่เฉพาะ เช่น 49.5 - 50.5 Hz

3.2 แบบไม่มีแกนเหล็ก เส้นแรงแม่เหล็กขึ้นอยู่กับ I , โดยตรงสามารถวัดกำลังไฟฟ้าได้ค่าต่ำๆ และหลายย่านวัด มีชั้นคุณภาพต่ำ 0.5 เนื่องจากไม่มีการสูญเสียจากแกนเหล็ก และเส้นแรงแม่เหล็ก จาก ขดลวดอยู่กับที่ซึ่งปกคลุมขดลวดเคลื่อนที่มีน้อย ทำให้มีความไวต่อเส้นแรงแม่เหล็กภายนอก จึงป้องกัน โดยกล่องของเครื่องวัดทำจาก Mu-Metall และสามารถวัดความถี่ไฟฟ้าได้ถึง kHz

4. การใช้วัดมิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิกวัดกำลังไฟฟ้า

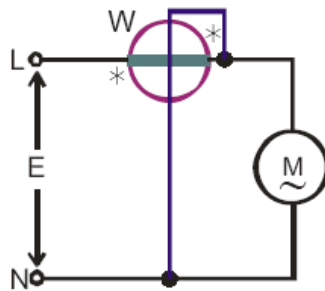
วัดมิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิก มีมาตรฐานย่านการวัดกระแสไฟฟ้าของขดลวดกระแส 1A หรือ 5A ส่วนขดลวดแรงดันกำหนดย่านวัดเป็น 120 V, 240 V, และ 480 V เป็นต้น การเคลื่อนที่ของเข็มชี้ จะ ขึ้นอยู่กับทิศทางกระแสไฟฟ้าของขดลวดทั้งสอง ดังนั้นในการต่อขั้วไฟฟ้าต้องต่อทั้งขดลวดกระแสและ

ตัวอย่างที่ 1 วัดคีมเตอร์มีขีดลวดกระแสกำหนดไว้ 1 A, 5 A และขีดลวดแรงดันกำหนดไว้ 120 V, 240 V วัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ซึ่งขับด้วยแรงดันไฟฟ้า 160 V มอเตอร์นี้ต้องขับภาระทางกลสูงขึ้นเรื่อยๆ จนเข็มของวัดคีมเตอร์แสดงเต็มแสดงพอดี 120 ส่วน จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่มอเตอร์ใช้และขนาดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขีดลวดกระแส



ตัวอย่างที่ 2 มอเตอร์ไฟฟ้าถูกวัดกำลังไฟฟ้าด้วยวัตต์มิเตอร์ที่มีย่านวัด 240 V , 1 A

สเกลบนหน้าปัดแบ่งเป็น 120 ส่วน ปรากฏว่าเข็มชี้ที่ 80 ส่วน จงหาค่ากำลังไฟฟ้าต่อ 1 ส่วนสเกล และ กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้า



$$\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้สูงสุด } P_n = E_n \cdot I_n = 240 \text{ V} \cdot 1 \text{ A} = 240 \text{ W}$$

สเกลบนหน้าปัดแบ่งเป็น 120 ส่วน วัดกำลังไฟฟ้าได้ 240 W

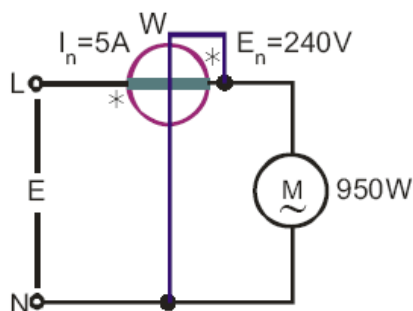
$$\text{ดังนั้น กำลังไฟฟ้า 1 ส่วนสเกล} = \frac{240 \text{ W}}{120 \text{ ส่วน}} = 2 \text{ W}$$

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าที่วัดได้จากวัตต์มิเตอร์ (P)

$$P = 2 \text{ W} \cdot 80 \text{ ส่วน} = 160 \text{ W}$$

ตัวอย่างที่ 3 มอเตอร์ไฟฟ้าถูกวัดกำลังไฟฟ้าด้วยวัตต์มิเตอร์ ที่มีย่านวัด 240 V , 5 A

สเกลบนหน้าปัดแบ่งเป็น 120 ส่วน ปรากฏว่าได้ค่ากำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าเป็น 950 W จงหาค่าเข็มชี้แสดงอยู่ที่ตำแหน่งใด



$$\text{กำลังไฟฟ้าที่วัดได้สูงสุด } P_n = E_n \cdot I_n = 240 \text{ V} \cdot 5 \text{ A} = 1,200 \text{ W}$$

สเกลบนหน้าปัดแบ่งเป็น 120 ส่วน วัดกำลังไฟฟ้าได้ 1,200 W

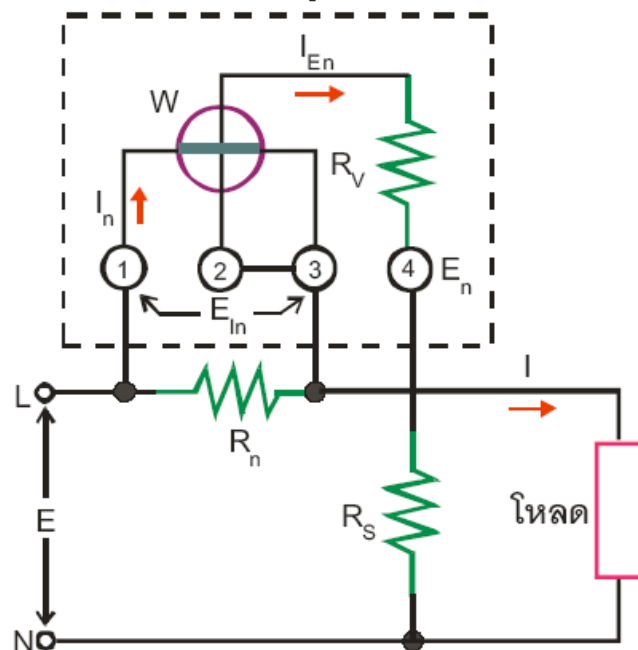
$$\text{ดังนั้น กำลังไฟฟ้า 1 ส่วนสเกล} = \frac{1,200 \text{ W}}{120 \text{ ส่วน}} = 10 \text{ W}$$

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ไฟฟ้าที่วัดได้จากวัตต์มิเตอร์ (P) = 10 W . ตำแหน่งเข็มชี้แสดง

$$\text{ตำแหน่งเข็มชี้แสดง} = \frac{P}{10 \text{ W}} = \frac{950 \text{ W}}{10 \text{ W}} = 95 \text{ ส่วน}$$

5. การขยายย่านวัดวัตต์มิเตอร์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์ไดนามิค

เพื่อให้สามารถวัดกำลังไฟฟ้าได้สูงขึ้น โดยการนำตัวต้านทานต่ออนุกรมกับขดลวดแรงดัน และตัวต้านทานต่อขนานกับขดลวดกระแส แสดงดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 การขยายย่านวัดวัตต์มิเตอร์

$$R_s = \frac{E - E_n}{I_{En}}$$

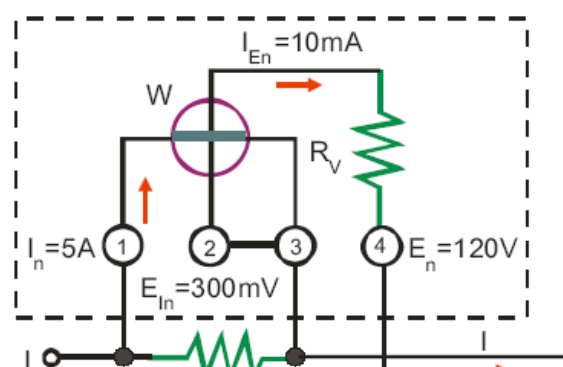
$$P = E \cdot I$$

- เมื่อกำหนดให้
- E คือแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้โหลด มีหน่วยเป็นโวลต์
 - E_n คือย่านวัดขดลวดแรงดัน มีหน่วยเป็นโวลต์
 - I_{En} คือกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดแรงดัน มีหน่วยเป็นแอมแปร์
 - R_s คือค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับขดลวดแรงดัน มีหน่วยเป็นโอห์ม
 - E_{In} คือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดกระแส มีหน่วยเป็นโวลต์
 - I คือกระแสไฟฟ้าไหลผ่านโหลด มีหน่วยเป็นแอมแปร์
 - I_n คือย่านวัดขดลวดกระแส มีหน่วยเป็นแอมแปร์
 - R_n คือค่าความต้านทานที่ต่อขนานกับขดลวดกระแส มีหน่วยเป็นโอห์ม

ตัวอย่างที่ 4 วัดวัตต์มิเตอร์ มีย่านวัดแรงดัน 120 V ย่านวัดกระแส 5 A ขณะเข็มชี้เต็มสเกล

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมขดลวดกระแส $E_{In} = 300 \text{ mV}$ ส่วนขดลวดแรงดันมีกระแสไฟฟ้า

$I_{En} = 10 \text{ mA}$ จึงคำนวณหาค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับขดลวดแรงดัน (R_s) และต่อขนานกับขดลวดกระแส (R_n) ซึ่งทำให้การวัดกำลังไฟฟ้าได้สูงสุด 120 kW แรงดันไฟฟ้าของระบบ 1.2 kV



$$\begin{aligned}
 R_S &= \frac{E_{RS}}{I_{En}} = \frac{E - E_n}{I_{En}} = \frac{1,200 \text{ V} - 120 \text{ V}}{10 \text{ mA}} = 108 \text{ k}\Omega \\
 I &= \frac{P}{E} = \frac{120 \text{ kW}}{1,200 \text{ V}} = 100 \text{ A} \\
 R_n &= \frac{E_{In}}{(I - I_n)} = \frac{300 \text{ mV}}{(100 \text{ A} - 5 \text{ A})} = 3.16 \text{ m}\Omega
 \end{aligned}$$
