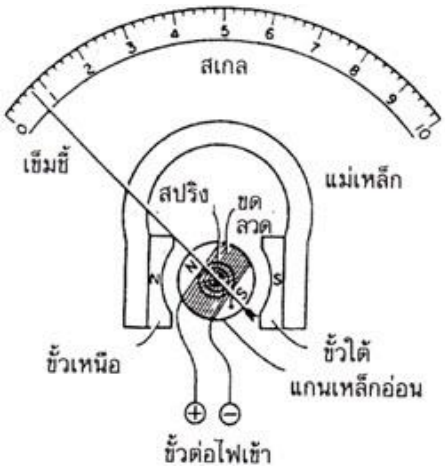
บทที่ 3
เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า

3.1 เครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่แม่เหล็กถาวร

เครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่แม่เหล็กถาวร ประกอบด้วยขดลวดเคลื่อนที่หรือมูฟวิ่งคอยล์อยู่ในสนามแม่เหล็กถาวร เมื่อกระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัดไหลผ่านมูฟวิ่งคอยล์ จะเกิดแรงเหนี่ยวนำไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็กถาวร ทำให้เข็มที่ติดอยู่กับมูฟวิ่งคอยล์เคลื่อนที่ไปได้ ปริมาณการเคลื่อนที่ของมูฟวิ่งคอยล์จะเป็นอัตราส่วนโดยตรงกับค่ากระแสที่ไหลผ่านมูฟวิ่งคอยล์ และเคลื่อนที่กลับโดยใช้สปริงแบบก้นหอย

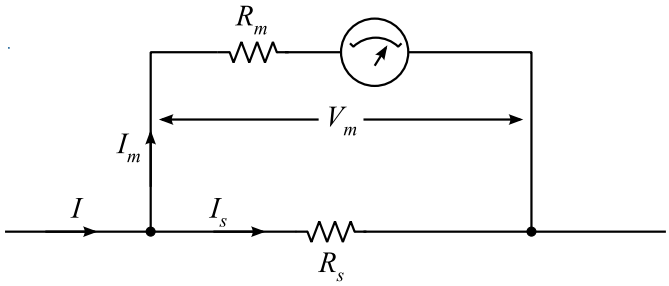


รูปที่ 3.1 โครงสร้างอย่างง่ายของมิเตอร์แบบมูฟวิ่งคอยล์ (รัชวิทย์ เมธีโชติเศรษฐ์)

3.2 แอมป์มิเตอร์กระแสตรง

แอมป์มิเตอร์กระแสตรง (DC Ammeter) เมื่อนำเครื่องมือวัดแบบขดลวดเคลื่อนที่แม่เหล็กถาวรมาต่อความต้านทานชันท์ขนานกับกับขดลวดเคลื่อนที่ โดยความต้านทานชันท์ (Shunt resistance, R_S) จะทำหน้าที่แบ่งกระแสไฟฟ้าที่ต้องการวัด ให้ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่ไม่เกินค่าสูงสุดที่ทำให้เข็มชี้ของแอมป์มิเตอร์กระแสตรงชี้ที่ค่าเต็มสเกล

$V = IR$



รูปที่ 3.2 วงจรอย่างง่ายของแอมป์มิเตอร์กระแสตรง (วีระพันธ์ ติยัพเสน, 2546)

จากรูปที่ 3.2 สามารถเขียนสมการของตัวต้านทาน R_S ได้ดังนี้

$$I_m R_m = I_s R_s \tag{3.1}$$

$$I_m R_m = (I - I_g) R_s$$

$$R_s = \frac{I_m R_m}{(I - I_m)} \tag{3.2}$$

เมื่อ R_m คือ ความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่

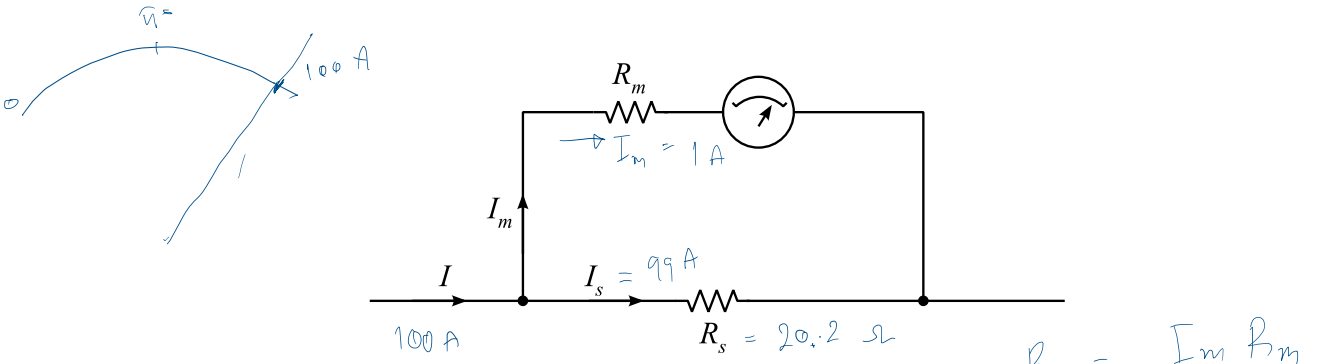
R_s คือ ความต้านทานชันท์

I คือ กระแสไฟฟ้าที่ผ่านแอมป์มิเตอร์

I_m คือ กระแสสูงสุดที่ไหลผ่านขดลวดเคลื่อนที่

I_s คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานชันท์

ตัวอย่างที่ 3.1 กำหนดให้ขดลวดเคลื่อนที่ของแอมป์มิเตอร์มีค่าความต้านทาน 2 kΩ และค่ากระแส I_m เท่ากับ 1 A จงหาค่าความต้านทานชันท์ที่ทำให้มิเตอร์นี้วัดกระแสไฟฟ้าได้สูงสุด 100 A



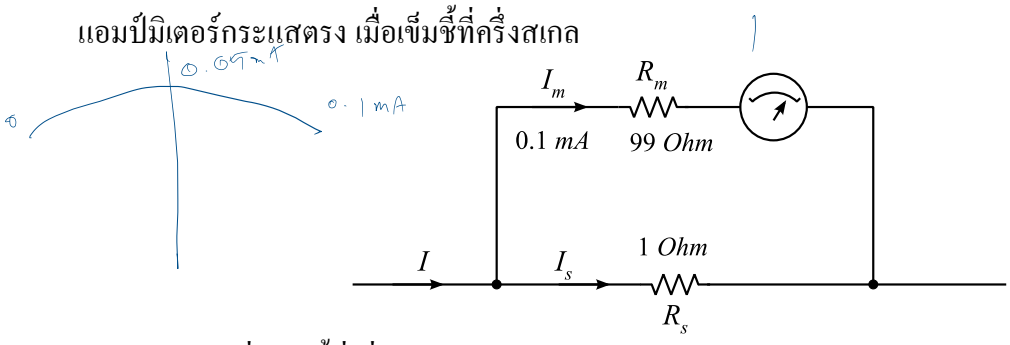
วิธีทำ $I = 100$ A

จากสมการ (3.2) $R_s = \frac{I_m R_m}{(I - I_m)}$

$$= \frac{1(2000)}{(100 - 1)}$$

ดังนั้น $R_s = 20.2\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 3.2 แอมป์มิเตอร์กระแสตรงดังรูป ถ้าความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่ Rm = 99 Ω และกระแสเต็มสเกลของขดลวดเคลื่อนที่เท่ากับ 0.1 mA ถ้ากำหนดให้ $R_S = 1\ \Omega$ จงหาค่ากระแสที่ไหลผ่านแอมป์มิเตอร์กระแสตรง เมื่อเข็มชี้ที่ครึ่งสเกล



วิธีทำ เมื่อเข็มชี้ที่ครึ่งสเกล

$$I_m = 0.5 \times 0.1\,mA = 0.05\,mA$$

จากสมการที่ (3.1) $I_m R_m = I_s R_s$

$$I_s = \frac{I_m R_m}{R_s}$$

$$= \frac{0.05\,mA \times 99\,\Omega}{1\,\Omega}$$

$$I_s = 4.95\,mA$$

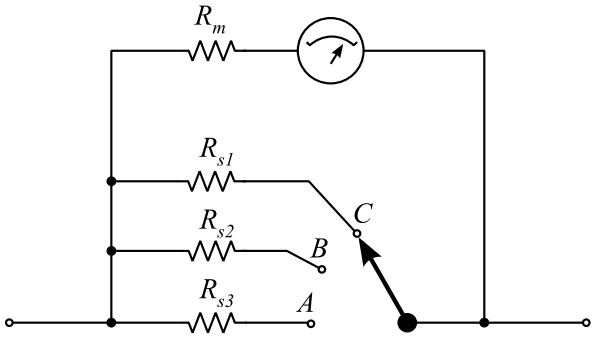
จาก $I = I_s + I_m$

ดังนั้น $I = 4.95\,mA + 0.05\,mA = 5.00\,mA$

3.3 แอมป์มิเตอร์กระแสตรงที่มีหลายย่านวัด

3.3.1 แบบใช้ตัวต้านทานชันท์แยก

เป็นแอมป์มิเตอร์กระแสตรงที่มีตัวต้านทานชันท์หลายตัว โดยการใช้สวิตช์เลือกตัวต้านทานชันท์หนึ่งตัวต่อหนึ่งย่านวัด ดังรูป



รูปที่ 3.3 แอมป์มิเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานชันท์แยก

(วีระพันธ์ ติยัพเสน, 2546)

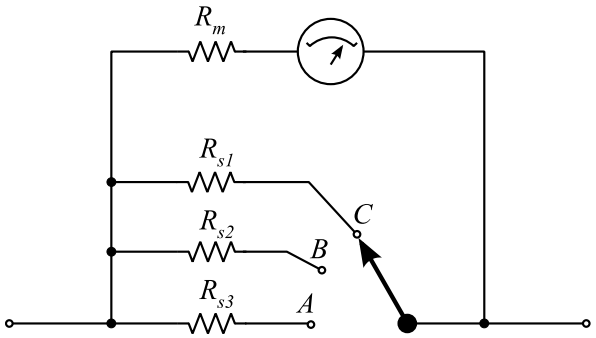
จากวงจรแอมป์มิเตอร์กระแสตรงหลายย่านวัดดังรูปที่ 3.3 สามารถหาค่าตัวต้านทานชันท์ได้ดังนี้

$$R_{s1} = \frac{I_m R_m}{I_{s1}} \tag{3.3}$$

$$R_{s2} = \frac{I_m R_m}{I_{s2}} \tag{3.4}$$

$$R_{s3} = \frac{I_m R_m}{I_{s3}} \tag{3.5}$$

ตัวอย่างที่ 3.3 วงจรแอมป์มิเตอร์ดังรูป กำหนดให้ $R_m = 100\ \Omega$ มีกระแสเต็มสเกล 1 mA ต้องการวัดกระแสไฟฟ้า 3 ย่าน คือ 10 mA 50 mA และ 100 mA จงคำนวณหาค่าตัวต้านทานชันท์แต่ละตัว



วิธีทำ พิจรณาย่าน 10 mA

$$I_{s1} = I - I_m = 10mA - 1mA = 9mA$$

$$R_{s1} = \frac{I_m R_m}{I_{s1}}$$

$$R_{s1} = \frac{0.001(100)}{0.009} = 11.1\,\Omega$$

พิจรณาย่าน 50 mA

$$I_{s2} = I - I_m = 50mA - 1mA = 49mA$$

$$R_{s2} = \frac{I_m R_m}{I_{s2}}$$

$$R_{s2} = \frac{0.001(100)}{0.049} = 2.04\,\Omega$$

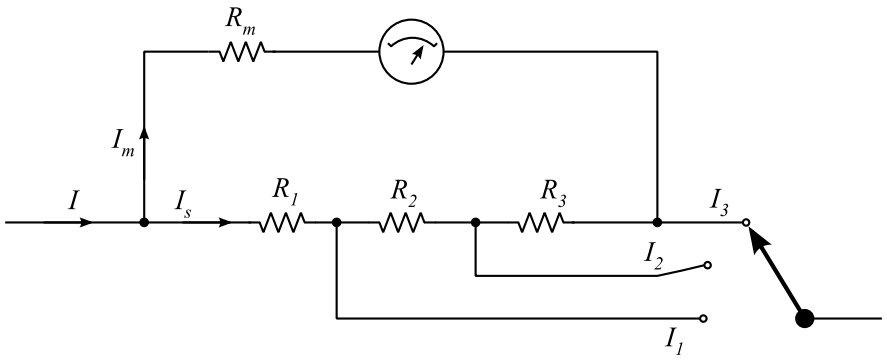
พิจรณาย่าน 100 mA

$$I_{s3} = I - I_m = 100mA - 1mA = 99mA$$

$$R_{s3} = \frac{I_m R_m}{I_{s3}}$$

$$R_{s3} = \frac{0.001(100)}{0.099} = 1.01\,\Omega$$

3.3.2 ใช้ตัวต้านทานชันท์แบบอาร์ตอน



รูปที่ 3.4 แอมป์มิเตอร์กระแสตรงแบบใช้ตัวต้านทานชันท์แบบอาร์ตอน
(วีระพันธ์ ติยัพเสน, 2546)

ค่าตัวต้านทานชันท์ของวงจรแบบอาร์ตอนสามารถคำนวณได้ดังนี้

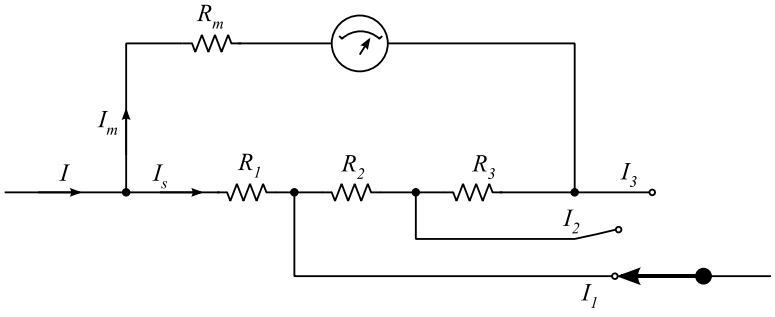
$$R_{s1} = R_1 \tag{3.6}$$

$$R_{s2} = R_1 + R_2 \tag{3.7}$$

$$R_{s3} = R_1 + R_2 + R_3 \tag{3.7}$$

ตัวอย่างที่ 3.4 วงจรแอมป์มิเตอร์ดังรูปที่ 3.4 กำหนดให้ $R_m = 100\ \Omega$ มีกระแสเต็มสเกล 1 mA ต้องการวัดกระแสไฟฟ้า 3 ย่าน คือ 10 mA 50 mA และ 100 mA จงคำนวณหาค่าตัวต้านทานชันท์แต่ละตัว

วิธีทำ พิจรณาย่าน 100 mA (I_1)



$$I_{s1} = I - I_m = 100mA - 1mA = 99mA$$

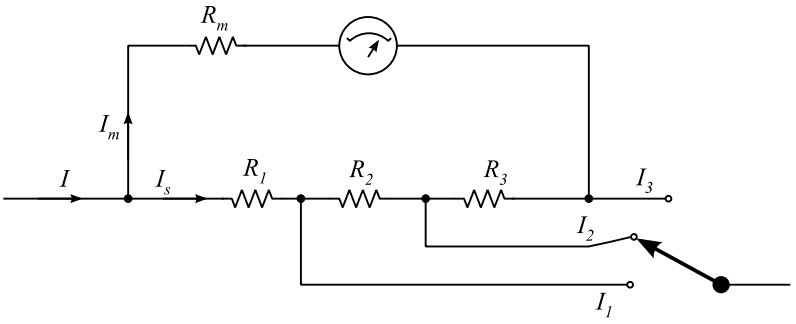
$$R_{s1} = \frac{I_m R_m}{I_{s1}}$$

$$R_{s1} = \frac{0.001(100)}{0.099} = 1.01\,\Omega$$

เนื่องจาก $R_1 = R_{s1}$

ดังนั้น $R_1 = 1.01\,\Omega$

พิจรณาย่าน 50 mA



$$I_{s2} = I - I_m = 50mA - 1mA = 49mA$$

$$R_{s2} = \frac{I_m R_m}{I_{s2}}$$

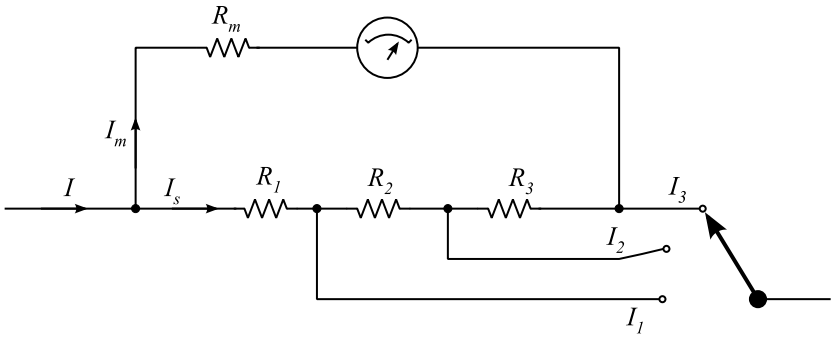
$$R_{s2} = \frac{0.001(100)}{0.049} = 2.04\,\Omega$$

เนื่องจาก $R_{s2} = R_1 + R_2$

$$R_2 = R_{s2} - R_1$$

$$R_2 = 2.04 - 1.01 = 1.03\,\Omega$$

พิจรณาย่าน 10 mA



$$I_{s3} = I - I_m = 10mA - 1mA = 9mA$$

$$R_{s3} = \frac{I_m R_m}{I_{s3}}$$

$$R_{s3} = \frac{0.001(100)}{0.009} = 11.1\,\Omega$$

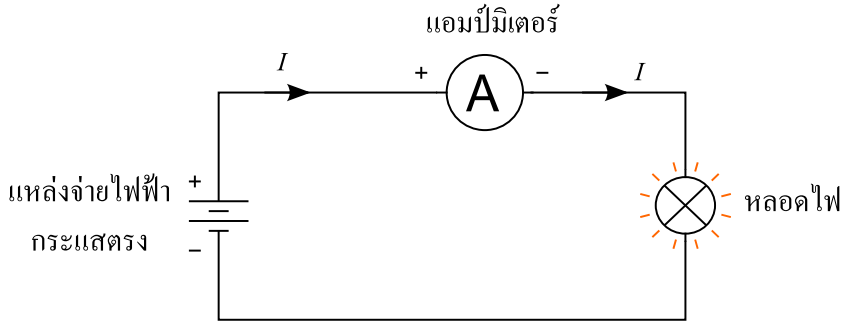
เนื่องจาก $R_{s3} = R_1 + R_2 + R_3$

$$R_3 = R_{s3} - R_1 - R_2$$

$$R_3 = 11.1 - 1.03 - 1.01 = 9.06\,\Omega$$

3.3.3 วงจรการต่อแอมป์มิเตอร์กระแสตรง

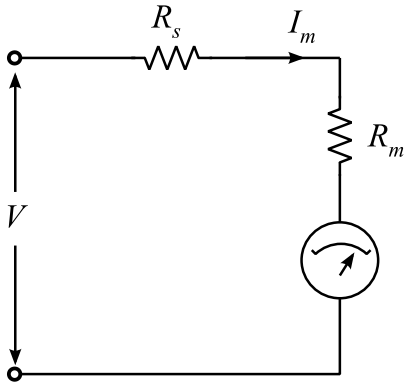
การต่อแอมป์มิเตอร์กระแสตรงเพื่อใช้งานนั้น จะต้องต่อแอมป์มิเตอร์กระแสตรงอนุกรมกับโหลดที่ต้องการวัดค่ากระแสไฟฟ้า และต้องต่อขั้วของแอมป์มิเตอร์ให้ถูกต้องด้วย ดังนี้



รูปที่ 3.5 วงจรการต่อแอมป์มิเตอร์กระแสตรง

3.4 โวลต์มอเอร์กระแสตรง

วงจรโวลต์มอเอร์กระแสตรงประกอบด้วยขดลวดเครื่องที่ในแม่เหล็กถาวรที่ใช้ในแอมป์มิเตอร์กระแสตรง อนุกรมกับตัวต้านทานมัลติพลายเออร์ (Multiplier resistor) ซึ่งทำหน้าที่ปรับขนาดของกระแสไฟฟ้าที่เข้าขดลวดให้มีอัตราส่วนตามที่ต้องการ



รูปที่ 3.6 วงจรพื้นฐานของโวลต์มิเตอร์กระแสตรง

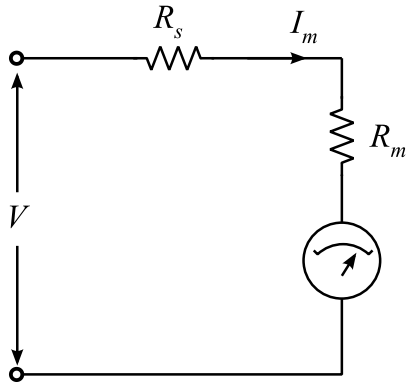
จากรูปที่ 3.6 สามารถคำนวณค่าความต้านทานมัลติพลายเออร์ได้ดังนี้

$$V = I_m(R_s + R_m) \tag{3.8}$$

$$R_s + R_m = \frac{V}{I_m} \tag{3.9}$$

$$R_s = \frac{V}{I_m} - R_m \tag{3.10}$$

ตัวอย่างที่ 3.5 โวลต์มิเตอร์แบบขดลวดเคลื่อนที่แม่เหล็กถาวรดังรูป มีค่าความต้านทานของขดลวดเคลื่อนที่ 100 Ω และกระแสเต็มสเกล 1mA จงคำนวณหาค่าของตัวต้านทานมัลติพลายเออร์ที่ทำห้มิเตอร์สามารถวัดแรงดันไฟฟ้าเต็มสเกลที่ 100 V



วิธีทำ จากสมการที่ (3.10)

$$R_s = \frac{V}{I_m} - R_m$$

$$= \frac{100}{0.001} - 100$$

$$R_s = 99900 \quad \Omega$$

เอกสารเอ้างอิง

รัชวิทย์ เมธีโชติเศรษฐ์. สื่อประกอบการเรียน วิชาเครื่องมือวัดไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง.

วีระพันธ์ ติยัพเสน. **ทฤษฎีเครื่องมือและการวัดทางไฟฟ้า.** พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัท สกายบุ๊ก: กรุงเทพมหานคร, 2546