

บทที่ 6

วงจรบริดจ์และเมชเคอร์เรนท์

วัตถุประสงค์

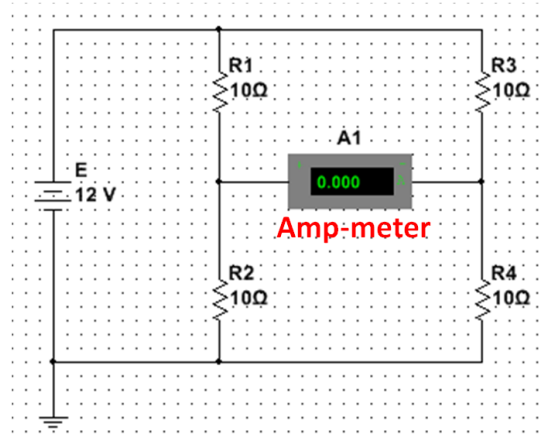
1. อธิบายหลักการวงจรบริดจ์สมดุลและไม่สมดุลได้
2. คำนวณวงจรบริดจ์ได้
3. อธิบายหลักการของเมชเคอร์เรนท์ได้
4. ใช้เมชเคอร์เรนท์แก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้าได้

6-1 วงจรบริดจ์

วงจรบริดจ์กระแสตรง(DC Bridge) เป็นวงจรโครงข่ายชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะเฉพาะตัว ใช้สำหรับการวัดค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า โดยใช้หลักการเปรียบเทียบค่าความต้านทาน (R) ที่ทราบค่าแล้ว กับค่า R ที่ต้องการทราบค่า และใช้สภาวะสมดุลของวงจรบริดจ์เป็นตัวบอกค่าที่ต้องการทราบ นอกจากนี้ยังมีวงจรบริดจ์กระแสสลับ (AC Bridge) ซึ่งจะไม่กล่าวถึงในบทเรียนนี้ วงจรบริดจ์กระแสตรงประเภทที่ใช้ในปัจจุบัน เรียกว่า วิทส์โตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge)

6.1.1 วงจรบริดจ์กระแสตรง ประกอบด้วย

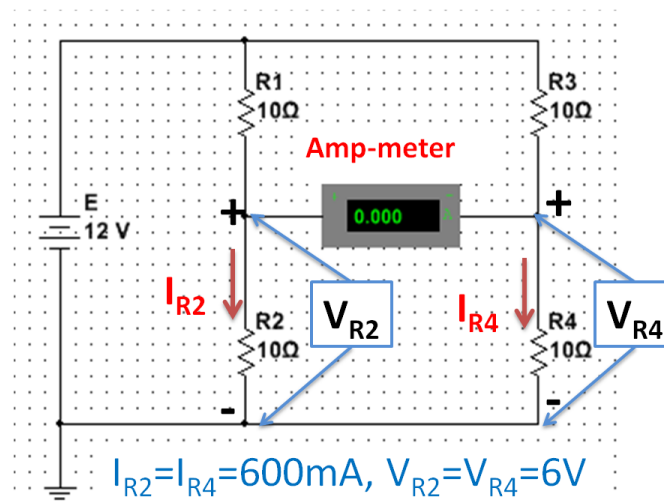
- 1) ตัวต้านทานที่ต่อขนานกัน 2 สาขา แต่ละสาขามีตัวต้านทานต่ออนุกรมกันจำนวน 2
- 2) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
- 3) แอมป์มิเตอร์หรือเครื่องวัดกระแสไฟฟ้าอื่นๆ ต่อที่กึ่งกลางของบริดจ์ เมื่อบริดจ์สมดุลกระแสไฟฟ้าจะเป็นศูนย์ แต่ถ้าบริดจ์ไม่สมดุลกระแสไฟฟ้าจะไม่เป็นศูนย์



รูปที่ 6-1 แสดงวงจรบริดจ์กระแสตรง

6.1.2 วงจรบริดจ์สมดุล (Balanced Bridge)

เมื่อวงจรบริดจ์อยู่ในสถานะสมดุลจะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแอมป์มิเตอร์กระแสไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ ในสถานะสมดุลจะเห็นว่า แรงดันตกคร่อม R_2 และ R_4 เท่ากัน และสัดส่วนของค่าความต้านทานแต่ละสาขาจะเท่ากัน จึงได้สมการดังนี้



รูปที่ 6-2 วงจรบริดจ์สมดุล

$$V_{R2} = V_{R4}$$

$$I_{R2} \times R_2 = I_{R4} \times R_4$$

$$\frac{E}{R_1 + R_2} R_2 = \frac{E}{R_3 + R_4} R_4$$

$$R_2 (R_3 + R_4) = R_4 (R_1 + R_2)$$

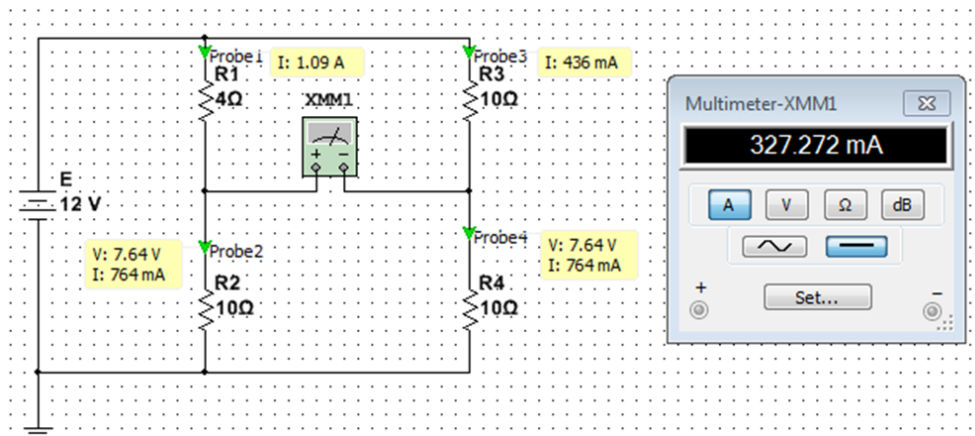
$$R_2 R_3 = R_4 R_1$$

ดังนั้นเมื่อบริดจ์สมดุลจะได้สมการคือ

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

6.1.3 วงจรบริดจ์ไม่สมดุล (Unbalanced Bridge)

กรณีที่บริดจ์ไม่สมดุล เกิดจากสัดส่วนของค่าความต้านทานแต่ละสาขานั้นไม่เท่ากัน จึงทำให้มีกระแสไหลผ่านแอมป์มิเตอร์ หรือกระแสที่ผ่านแอมป์มิเตอร์มากกว่า ศูนย์ดังรูปที่ 6-3 เมื่อค่า R_1 เปลี่ยนเป็น 4Ω ทำให้กระแสผ่านแอมป์มิเตอร์เท่ากับ 327.272mA



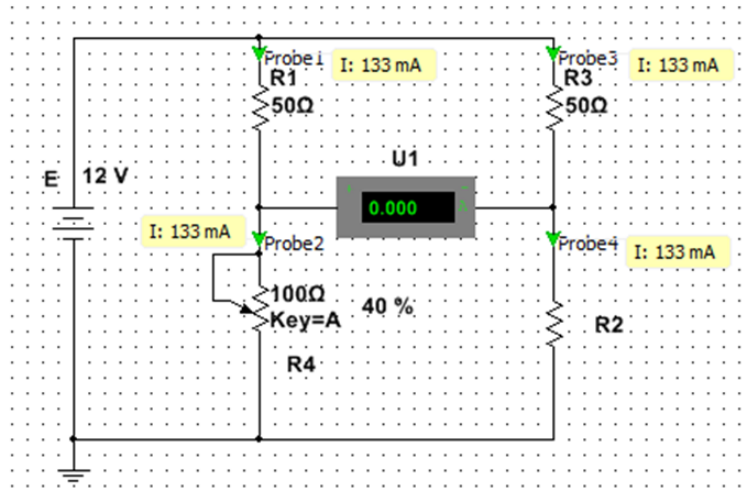
รูปที่ 6-3 วงจรบริดจ์ไม่สมดุล

ดังนั้นเมื่อบริดจ์ไม่สมดุลจะได้สมการคือ

$$\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{R_4}$$

ตัวอย่างที่ 6-1 จากวงจรรูปที่ 6-4

1. วงจรบริดจ์นี้สมดุลหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. จงหาค่าความต้านทาน R_2 เมื่อปรับค่า R_4 ไปที่ 40% ของค่า R_4



รูปที่ 6-4

ตอบ 1. วงจรบริดจ์นี้สมดุล เพราะว่า กระแสที่แอมป์มิเตอร์(U1) ที่อยู่ที่กึ่งกลางบริดจ์เท่ากับศูนย์

2. เมื่อบริดจ์สมดุล ดังนั้น

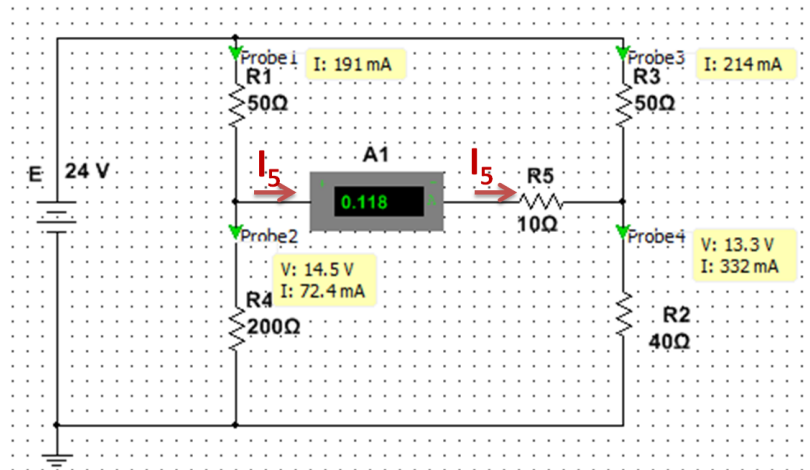
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4}$$

$$R_2 = \frac{R_4 R_1}{R_3}$$

$$R_2 = \frac{40\Omega(50\Omega)}{50\Omega} = 40\Omega$$

ตัวอย่างที่ 6-2 จากวงจรรูปที่ 6-5

1. วงจรบริดจ์นี้สมดุลหรือไม่ เพราะเหตุใด
2. จงหาค่าแรงดันตกคร่อม R_5



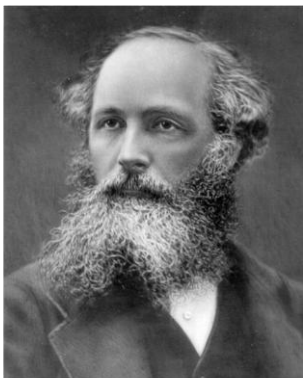
รูปที่ 6-5

ตอบ 1. วงจรบริดจ์นี้ไม่สมดุล เพราะว่า กระแสที่แอมป์มิเตอร์(A1) ที่อยู่กึ่งกลางบริดจ์เท่ากับ 0.118A

หรืออาจสังเกตได้จากค่า $\frac{R_1}{R_2} = \frac{50}{200} = 0.25, \frac{R_3}{R_4} = \frac{40}{50} = 1.25$

ซึ่งไม่เท่ากันแสดงว่าบริดจ์ไม่สมดุล

2.แรงดันตกคร่อม R_5 $V_{R5} = I_5 R_5$
 $V_{R5} = 0.118A \cdot 10\Omega = 1.18V$



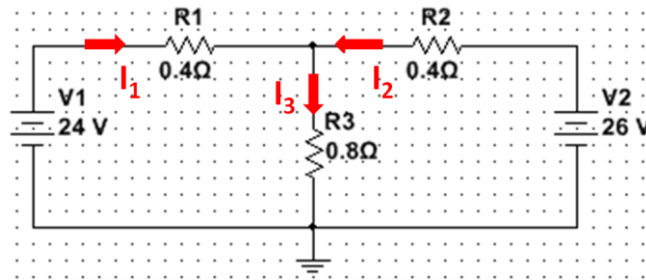
James Clark Maxwell
1831-1879

6-1 เมชเคอร์เรนท

เมชเคอร์เรนท(Mesh Current) หรือทฤษฎีกระแสเมช ถูกค้นพบโดย เจมส์ คล๊าก แมกซ์เวลล์ (James Clark Maxwell) ชาวอังกฤษ การนำทฤษฎีของเคอร์ชอฟฟ์ไปใช้กับวงจรไฟฟ้าที่มีวงจรปิดหลายๆ วงจร (หลายๆ Loop) ที่มีความซับซ้อนมาก ๆ อาจเกิดข้อผิดพลาดในการสมมติทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขาของวงจร แมกซ์เวลล์ จึงคิดวิธีการสมมติกระแสใหม่ โดยกำหนดให้หนึ่งวงจรปิดมีกระแสไหล 1 ตัว และจะสมมติให้ไหลในทิศทางใดก็ได้ โดยกระแสที่สมมติขึ้นเป็นอิสระต่อกันเป็นผลให้ตัวแปรกระแสลดลง สามารถเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ง่ายขึ้นแล้วจึงแก้สมการ โดยมีเงื่อนไขการกำหนดดังนี้

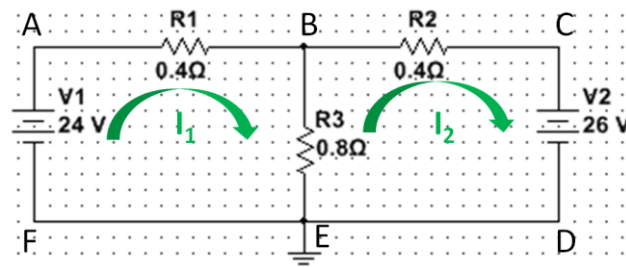
1. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจรปิดใด ๆ เป็นบวกเสมอ โดยไล่ตามทิศทางกระแสสมมติของวงจรปิดนั้น
2. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานที่มีกระแสผ่านมากกว่า 1 วงจรปิด ถ้าทิศทางของกระแสในวงจรปิดทั้งสองสวนทางกันให้ใส่เครื่องหมายลบ แต่ถ้าทิศทางตามกันให้ใส่เครื่องหมายบวก
3. แหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจรปิดใด ๆ ถ้าทิศทางกระแสสมมติไหลเข้าขั้วบวก ให้ใส่เครื่องหมายบวก แต่ถ้าไหลเข้าขั้วลบให้ใส่เครื่องหมายลบ

ตัวอย่าง 6.3 จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 6.6 จงใช้ทฤษฎีเมชเคอร์เรนท์คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านในแต่ละสาขา



รูปที่ 6.6

วิธีทำ 1. สเก็ตซ์ภาพวงจรและสมมติกระแสในวงจรปิดทั้งสองสมมติให้กระแสใน Mesh 1 (I_1) และ Mesh 2 (I_2) ไหลตามเข็มนาฬิกาดังรูป



2. เขียนสมการ KVL ตามทิศทางกระแสสมมติ I_1 และ I_2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{Mesh 1 } (0.4+0.8) I_1 - 0.8I_2 - 24 &= 0 \\ 1.2I_1 - 0.8I_2 &= 24 \quad \text{.....(1)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mesh 2 } (0.8+0.4) I_2 - 0.8I_1 + 26 &= 0 \\ -0.8I_1 + 1.2I_2 &= -26 \quad \text{.....(2)} \end{aligned}$$

3. พิจารณาสมการ (1) และ (2) หาค่าคงที่เพื่อลดทอนตัวแปร I_1

$$\text{ค่าคงที่} = \frac{1.2}{-0.8} \times (-1) = 1.5$$

นำค่าคงที่ (1.5) × สมการ (2)

$$1.5 (-0.8I_1 + 1.2I_2) = -26 \quad (1.5)$$

$$-1.2I_1 + 1.8I_2 = -39 \quad \dots (3)$$

นำสมการ (1) + (3)

$$1.2I_1 - 0.8I_2 = 24$$

$$-1.2I_1 + 1.8I_2 = -39$$

$$1.0I_2 = -15$$

$$\therefore I_2 = -15 \text{ A}$$

4. แทนค่า I_2 ในสมการ (1) เพื่อหาค่า I_1

$$1.2I_1 - 0.8(-15) = 24$$

$$1.2I_1 + 12 = 24$$

$$1.2I_1 = 12$$

$$I_1 = 10 \text{ A}$$

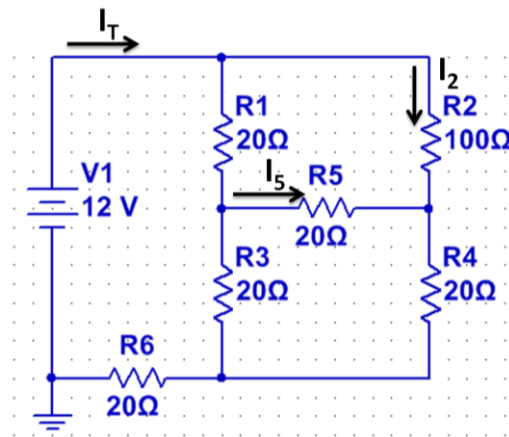
5. หาค่ากระแสผ่านแต่ละสาขา

กระแสผ่านสาขา AB = $I_1 = 10$ A กระแสผ่านสาขา BC = $I_2 = -15$ A แสดงว่า
กระแส I_2 ที่สมมติมีทิศทางตรงกันข้ามกับกระแส I_2 จริง กระแส I_2 จริง คือ + 15 A
กระแสผ่านสาขา BE = $I_3 = I_1 + I_2 = 10 \text{ A} + 15 \text{ A} = 25 \text{ A}$

แบบฝึกหัด บทที่ 6 วงจรบริดจ์และเมชเคอร์เรนท์

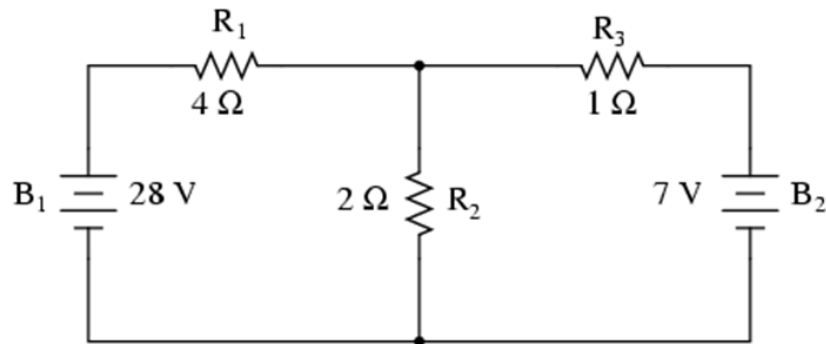
จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

จากวงจรต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 1-7



1. ค่าความต้านทานรวม $R_T = ?$
 ก. 54Ω ข. 48Ω ค. 36Ω ง. 32Ω
2. ค่ากระแสไฟฟ้ารวม $I_T = ?$
 ก. 350mA ข. 306mA ค. 250mA ง. 220mA
3. ค่ากระแสไฟฟ้า $I_5 = ?$
 ก. 35mA ข. 50mA ค. 60mA ง. 70mA
4. ค่ากระแสไฟฟ้า $I_2 = ?$
 ก. 35mA ข. 50mA ค. 60mA ง. 70mA
5. ค่าแรงดันไฟฟ้า $V_{R6} = ?$
 ก. 1V ข. 7V ค. 6V ง. 5V
6. วงจรบริดจ์ดังกล่าวอยู่ในสถานะ ไม่สมดุล ใช่หรือไม่
 ก. ใช่ ข. ไม่ใช่
7. ค่าแรงดันไฟฟ้า $V_{R5} = ?$
 ก. 1V ข. 7V ค. 6V ง. 5V

จากวงจรต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 8-12 เรื่องเมกเซอร์เรนท์



8. กระแสไฟฟ้า $I_{R_1} = ?$

- ก. 5A ข. 2A ค. 6A ง. 3A

9. กระแสไฟฟ้า $I_{R_2} = ?$

- ก. 5A ข. 4A ค. 2A ง. 1A

10. กระแสไฟฟ้า $I_{R_3} = ?$

- ก. 5A ข. 4A ค. 2A ง. 1A

11. แรงดันตกคร่อม $R_2 = ?$

- ก. 5V ข. 4V ค. 2V ง. 1V

12. แรงดันตกคร่อม $R_2 = ?$

- ก. 20V ข. 14V ค. 12V ง. 10V