

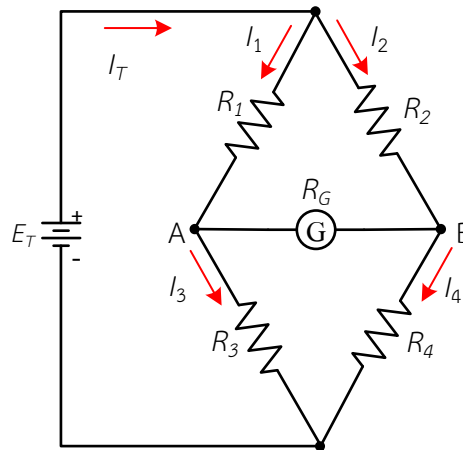
	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	<b>รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง</b>	<b>สัปดาห์ที่ 11</b>
	<b>หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์</b>	<b>จำนวน 1 ชั่วโมง</b>
<p><b>สาระสำคัญ</b></p> <p>เซอร์ ชาลส์ วีตสโตน (Sir Charles Whetstone) เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ค้นพบคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบบริดจ์ เรียกว่า วงจรวีตสโตนบริดจ์ (Whetstone Bridge Circuit) เป็นวงจรไฟฟ้าที่มีตัวต้านทานตั้งแต่ 4 ตัวขึ้นไป ต่อขนานกัน 2 สาขา ในแต่ละสาขาตัวต้านทานต่ออนุกรมกัน มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงต่อขนานกับตัวต้านทาน และมี กัลวานอมิเตอร์ (Galvanometer : G) ต่อเป็นเครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีตำแหน่ง ศูนย์ อยู่ตำแหน่งกลางสเกลต่ออยู่ระหว่างจุด A และ B แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ วงจรบริดจ์แบบสมดุล (Balanced Bridge Circuit) และวงจรบริดจ์แบบไม่สมดุล (Unbalanced Bridge Circuit)</p> <p><b>จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน</b></p> <p><b>จุดประสงค์ทั่วไป</b></p> <p>เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจลักษณะของวงจรบริดจ์สมดุลและไม่สมดุลและการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรบริดจ์และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานที่ดีที่สุด</p> <p><b>จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. บอกความหมายของวงจรบริดจ์ได้</li> <li>2. บอกความหมายของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้</li> <li>3. คำนวณหาค่าความต้านทานที่ทำให้บริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุลได้</li> <li>4. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้</li> <li>5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้</li> <li>6. บอกความหมายของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้</li> <li>7. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้</li> <li>8. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมกัลวานอมิเตอร์ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้</li> </ol> <p><b>คุณธรรม จริยธรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 ความรับผิดชอบ</li> <li>1.2 ความมีวินัย</li> </ol> </li> </ol>		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	<b>รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง</b>	<b>สัปดาห์ที่ 11</b>
	<b>หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์</b>	<b>จำนวน 1 ชั่วโมง</b>
<p>1.3 การตรงต่อเวลา</p> <p>1.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์</p> <p>1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ</p> <p>1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้</p> <p><b>2. การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง</b></p> <p>2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ</p> <p>2.2 ทำตามลำดับขั้น</p> <p>2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด</p> <p>2.4 การมีส่วนร่วม</p> <p><b>สาระการเรียนรู้</b></p> <p>9.1 วงจรบริดจ์</p> <p>9.2 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล</p> <p>9.3 วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล</p> <p><b>เนื้อหาสาระ</b></p> <p>วงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่นิยมใช้กันมาก คือ วิตสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับหาค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า โดยอาศัยความสมดุลของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน ซึ่งวงจรบริดจ์ที่กล่าวในบทนี้หมายถึงวงจรวิตสโตนบริดจ์</p> <p><b>9.1 วงจรบริดจ์</b></p> <p>วงจรบริดจ์ คือ วงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน 4 ตัว ต่อขนานกัน 2 สาขา ในแต่ละสาขาตัวต้านทานต่ออนุกรมกัน มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงต่อขนานกับตัวต้านทานและมีกัลวานอร์มิเตอร์ (เครื่องมือวัดไฟฟ้าที่มีตำแหน่ง ศูนย์ อยู่ตำแหน่งกลางสเกล) ต่อระหว่างจุด A และ B ทำหน้าที่ตรวจจับสนกระแสไฟฟ้า เพื่อบอกสถานะของวงจร ดังรูปที่ 9.1</p>		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

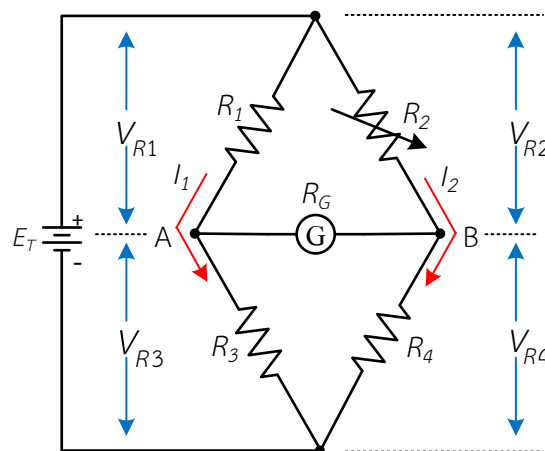


รูปที่ 9.1 วงจรวีตสตันบริดจ์


วงจรบริดจ์แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลและวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

### 9.2 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล

วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล คือ วงจรที่มีการจัดให้ความต้านทานมีอัตราส่วนที่เหมาะสม ทำได้โดยปรับค่า ความต้านทาน  $R_2$  จนกระทั่งไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานออร์มิเตอร์ หรือเข็มของกัลวานออร์มิเตอร์ชี้ที่ค่าศูนย์ นั่นคือ แรงดันไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่ากับหรือความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล ดังรูปที่ 9.2



รูปที่ 9.2 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

จากรูปที่ 9.2 เมื่อบริดจ์อยู่ในสถานะสมดุล เป็นผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_1$  เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_2$  และแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_3$  เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_4$  เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$V_{R1} = V_{R2} \quad (9-1)$$

$$V_{R3} = V_{R4} \quad (9-2)$$

ใช้หลักการแบ่งแรงดัน

$$E = V_{R1} + V_{R3}$$

หรือ

$$E = V_{R2} + V_{R4}$$

$$V_{R1} = V_{R2} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right) E \quad (9-3)$$

หรือ

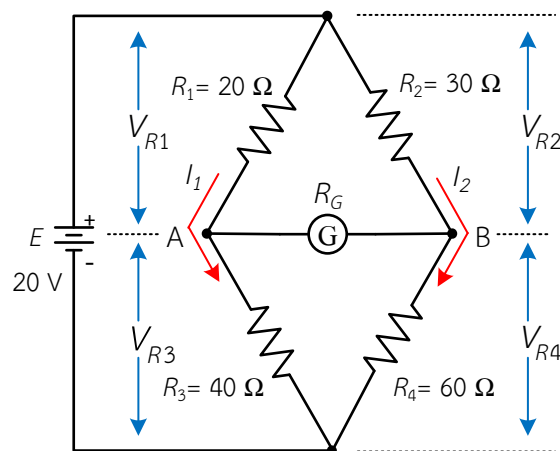
$$V_{R1} = V_{R2} = \left( \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right) E \quad (9-4)$$

$$V_{R3} = V_{R4} = \left( \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) E \quad (9-5)$$


หรือ


$$V_{R3} = V_{R4} = \left( \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) E \quad (9-6)$$


ตัวอย่างที่ 9.1 จากวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.3 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว




รูปที่ 9.3 วงจรบริดจ์ในสถานะสมดุล ตามตัวอย่างที่ 9.1

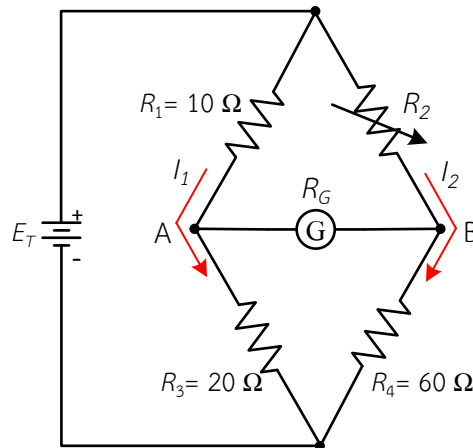
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p><u>วิธีทำ</u>    หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวได้ดังนี้</p>		
จาก	$V_{R_1} = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_3} \right) E$	
เมื่อ	$R_1 = 20\Omega, R_2 = 30\Omega, R_3 = 40\Omega, R_4 = 60\Omega, E = 20V$	
แทนค่า	$V_{R_1} = \left( \frac{20\Omega}{20\Omega + 40\Omega} \right) 20V$ $= 6.67V$	
<p>∴ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน <math>R_1 (V_{R_1}) = 6.67</math> โวลต์      <u>ตอบ</u></p>		
จาก	$V_{R_2} = \left( \frac{R_2}{R_2 + R_4} \right) E$	
เมื่อ	$R_1 = 20\Omega, R_2 = 30\Omega, R_3 = 40\Omega, R_4 = 60\Omega, E = 20V$	
แทนค่า	$V_{R_2} = \left( \frac{30\Omega}{30\Omega + 60\Omega} \right) 20V$ $= 6.67V$	
<p>∴ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน <math>R_2 (V_{R_2}) = 6.67</math> โวลต์      <u>ตอบ</u></p>		
จาก	$V_{R_3} = \left( \frac{R_3}{R_1 + R_3} \right) E$	
เมื่อ	$R_1 = 20\Omega, R_2 = 30\Omega, R_3 = 40\Omega, R_4 = 60\Omega, E = 20V$	
แทนค่า	$V_{R_3} = \left( \frac{40\Omega}{20\Omega + 40\Omega} \right) 20V$ $= 13.33V$	
<p>∴ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน <math>R_3 (V_{R_3}) = 13.33</math> โวลต์      <u>ตอบ</u></p>		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>จาก <math>V_{R_4} = \left( \frac{R_4}{R_2 + R_4} \right) E</math></p> <p>เมื่อ <math>R_1 = 20\Omega, R_2 = 30\Omega, R_3 = 40\Omega, R_4 = 60\Omega, E = 20V</math></p> <p>แทนค่า <math>V_{R_4} = \left( \frac{60\Omega}{30\Omega + 60\Omega} \right) 20V</math>  <math>= 13.33V</math></p> <p><math>\therefore</math> แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน <math>R_4 (V_{R_4}) = 13.33</math> โวลต์ <span style="float: right;">ตอบ</span></p> <p>ฉะนั้นจากการหาค่า <math>V_{R_1} = V_{R_2} = 6.67V</math> และ <math>V_{R_3} = V_{R_4} = 13.33V</math> แสดงว่าวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.3 เป็นวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล</p> <p>ถ้าหากคิดโดยกฎของโอห์ม จะต้องหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_1</math> และ <math>R_3</math> คือ <math>I_1</math> และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_2</math> และ <math>R_4</math> คือ <math>I_2</math> จะได้</p> $I_1 = I_{R_1} = I_{R_3}$ $I_2 = I_{R_2} = I_{R_4}$ <p>จากกฎของโอห์ม <math>E = IR</math> ดังนั้น</p> $V_{R_1} = I_1 R_1 \tag{9-7}$ $V_{R_2} = I_2 R_2 \tag{9-8}$ $V_{R_3} = I_1 R_3 \tag{9-9}$ $V_{R_4} = I_2 R_4 \tag{9-10}$ <p>แทนค่าสมการที่ (9-7) และสมการที่ (9-8) ในสมการที่ (9-1) จะได้</p> $I_1 R_1 = I_2 R_2 \tag{9-11}$ <p>แทนค่าสมการที่ (9-9) และสมการที่ (9-10) ในสมการที่ (9-2) จะได้</p> $I_1 R_3 = I_2 R_4 \tag{9-12}$		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>นำสมการที่ (9-11) หารด้วยสมการที่ (9-12) จะได้</p>		
จะได้	$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_2 R_4}$ $\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad (9-13)$	
<p>จากสมการที่ (9-13) นำมาเขียนสมการหาความต้านทานที่ต้องการจะทราบค่าใด ๆ ได้ดังนี้</p>		
$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad (9-14)$		
$R_2 = \frac{R_1 R_4}{R_3} \quad (9-15)$		
$R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2} \quad (9-16)$		
$R_4 = \frac{R_2 R_3}{R_1} \quad (9-17)$		
<p>และเมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล สามารถหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้</p>		
หรือ	$E = V_{R1} + V_{R3}$ $E = V_{R2} + V_{R4}$	
$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_3} \quad (9-18)$		
$I_2 = \frac{E}{R_2 + R_4} \quad (9-19)$		
$I_T = I_1 + I_2 \quad (9-20)$		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 9.2 จากวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.4 จงคำนวณหาความต้านทาน  $R_2$  ที่ทำให้บริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล



รูปที่ 9.4 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลตามตัวอย่างที่ 9.2

วิธีทำ

เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จะได้

$$\text{จาก} \quad \frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

$$\text{จะได้} \quad R_2 = \frac{R_1 R_4}{R_3}$$


$$\text{แทนค่า} \quad = \frac{10 \Omega \times 60 \Omega}{20 \Omega} = 30 \Omega$$

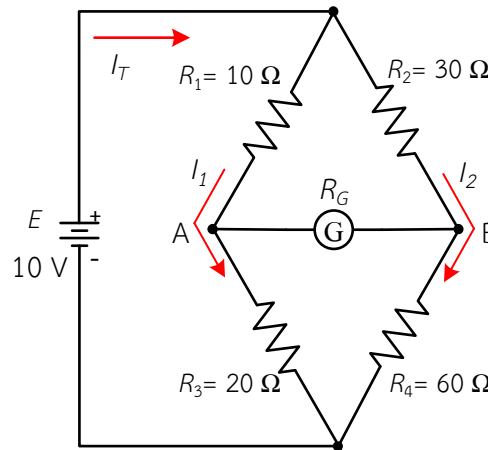
$\therefore$  ความต้านทาน  $R_2 = 30$  โอห์ม

ตอบ

ตัวอย่างที่ 9.3 จากวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.5 เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จงคำนวณหา



	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 9.5 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลตามตัวอย่างที่ 9.3

ก) กระแสไฟฟ้า  $I_1$ ,  $I_2$  และ  $I_T$

#### วิธีทำ

ขั้นที่ 1 เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จะได้

$$\begin{aligned} \frac{R_1}{R_3} &= \frac{R_2}{R_4} \\ \frac{10 \Omega}{20 \Omega} &= \frac{30 \Omega}{60 \Omega} \\ \frac{1}{2} \Omega &= \frac{1}{2} \Omega \end{aligned}$$

จากอัตราส่วนของความต้านทานที่ได้มีค่าเท่ากัน แสดงว่าบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จึงไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอร์มิเตอร์ ( $I_G$ )

ก) หากกระแสไฟฟ้า  $I_1$ ,  $I_2$  และ  $I_T$

ขั้นที่ 1 กระแสไฟฟ้า  $I_1$  คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_1$  และ  $R_3$  จะได้


$$\text{จาก } I_1 = \frac{E}{R_1 + R_3}$$


$$\text{เมื่อ } R_1 = 10 \Omega, R_3 = 20 \Omega, E = 10 \text{ V}$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{10 \text{ V}}{10 \Omega + 20 \Omega} = 0.33 \text{ A}$$

$\therefore$  กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_1$  และ  $R_3 = 0.33$  แอมแปร์

ตอบ

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>ชั้นที่ 2 กระแสไฟฟ้า <math>I_2</math> คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_2</math> และ <math>R_4</math> จะได้</p>		
จาก	$I_2 = \frac{E}{R_2 + R_4}$	
เมื่อ	$R_2 = 30\Omega, R_4 = 60\Omega, E = 10V$	
แทนค่า	$= \frac{10V}{30\Omega + 60\Omega}$ $= 0.11A$	
<p><math>\therefore</math> กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_2</math> และ <math>R_4 = 0.11</math> แอมแปร์ <span style="float: right;"><u>ตอบ</u></span></p>		
<p>ชั้นที่ 3 กระแสไฟฟ้า <math>I_T</math> เป็นผลรวมของกระแสไฟฟ้า <math>I_1</math> และ <math>I_2</math> จะได้</p>		
$I_T = I_1 + I_2$		
$= 0.33A + 0.11A$		
$= 0.44A$		
<p><math>\therefore</math> กระแสไฟฟ้า <math>I_T = 0.44</math> แอมแปร์ <span style="float: right;"><u>ตอบ</u></span></p>		
<p>ข) แรงดันไฟฟ้า <math>V_{R1}, V_{R2}, V_{R3}</math>, และ <math>V_{R4}</math></p>		
<p>ชั้นที่ 1 ในสภาวะที่บริดจ์สมดุล แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_1</math> เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_2</math></p>		
<p>จะได้</p>		
จาก	$V_{R1} = V_{R2} = I_1 R_1$	
เมื่อ	$I_1 = 0.33A, R_1 = 10\Omega$	
แทนค่า	$= 0.33A \times 10\Omega$ $= 3.3V$	
หรือ	$V_{R1} = V_{R2} = I_2 R_2$	
เมื่อ	$I_2 = 0.11A, R_2 = 30\Omega$	
แทนค่า	$= 0.11A \times 30\Omega$ $= 3.3V$	
<p><math>\therefore</math> แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_1</math> เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_2 = 3.3</math> โวลต์ <span style="float: right;"><u>ตอบ</u></span></p>		
<p>ชั้นที่ 2 ในสภาวะที่บริดจ์สมดุล แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_3</math> เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_4</math></p>		
<p>จะได้</p>		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

จาก  $V_{R_3} = V_{R_4} = I_1 R_3$   
 เมื่อ  $I_2 = 0.33 \text{ A}, R_3 = 20 \Omega$   
 แทนค่า  $= 0.33 \text{ A} \times 20 \Omega$   
 $= 6.6 \text{ V}$

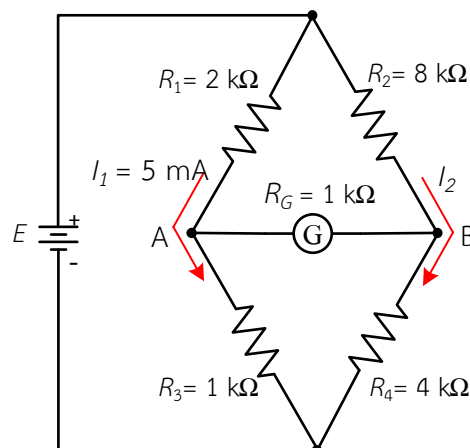
หรือ

จาก  $V_{R_3} = V_{R_4} = I_2 R_4$   
 เมื่อ  $I_2 = 0.11 \text{ A}, R_4 = 60 \Omega$   
 แทนค่า  $= 0.11 \text{ A} \times 60 \Omega$   
 $= 6.6 \text{ V}$

$\therefore$  แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_3$  เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_4 = 6.6$  โวลต์ ตอบ

ตัวอย่างที่ 9.4 จากวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.6 เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล และกัลวานอ์มิเตอร์มีความต้านทานภายใน ( $R_G$ ) เท่ากับ  $1 \text{ k}\Omega$  จงคำนวณหา

- ก) แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ( $E$ )  
 ข) กระแสไฟฟ้ารวม ( $I_T$ )




รูปที่ 9.6 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลตามตัวอย่างที่ 9.4

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จะได้

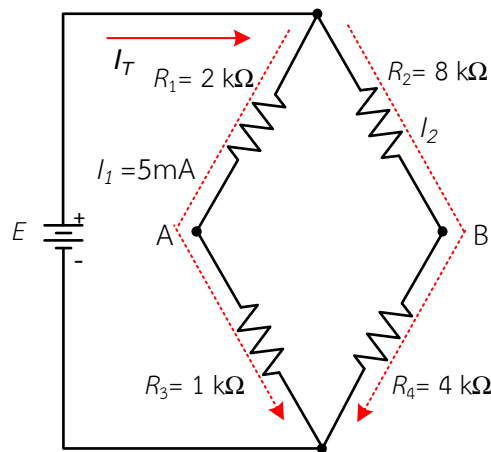
$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

$$\frac{2 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega} = \frac{8 \text{ k}\Omega}{4 \text{ k}\Omega}$$

$$2 \Omega = 2 \Omega$$

จากอัตราส่วนของความต้านทานที่ได้มีค่าเท่ากัน แสดงว่าบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จึงไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอ์มิเตอร์ ดังนั้นความต้านทานภายในของกัลวานอ์มิเตอร์ จึงไม่มีผลต่อวงจรนี้ ไม่ต้องนำมาพิจารณาในการคำนวณ เขียนรูปใหม่ได้ดังนี้



รูปที่ 9.7 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลเขียนใหม่ตามตัวอย่างที่ 9.4

ก) แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย ( $E$ )

ขั้นที่ 1 หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม  $R_1 (V_{R1})$  และ  $R_3 (V_{R3})$

จาก  $V_{R1} = I_1 R_1$

เมื่อ  $I_1 = 5 \text{ mA}$ ,  $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$

แทนค่า  $= 5 \text{ mA} \times 2 \text{ k}\Omega$


$= 10 \text{ V}$


จาก  $V_{R3} = I_1 R_3$

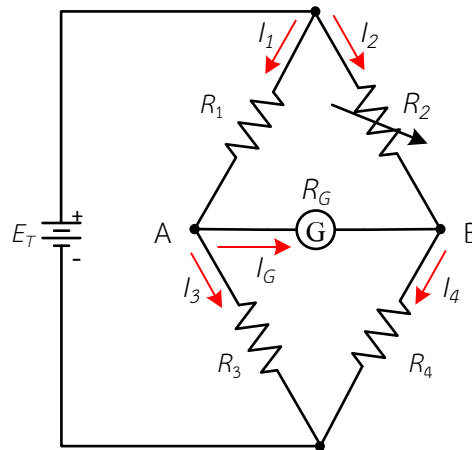
เมื่อ  $I_1 = 5 \text{ mA}$ ,  $R_3 = 1 \text{ k}\Omega$

แทนค่า  $= 5 \text{ mA} \times 1 \text{ k}\Omega$

$= 5 \text{ V}$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>ดังนั้น จาก <math>E = V_{R1} + V_{R3}</math>  แทนค่า <math>= 10V + 5V</math>  <math>= 15V</math>  <math>\therefore</math> แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (<math>E</math>) = 15 โวลต์ <span style="float: right;"><u>ตอบ</u></span></p>		
<p>ข) กระแสไฟฟ้ารวม (<math>I_T</math>)</p>		
<p>ขั้นที่ 1 หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_2</math> และ <math>R_4</math> (<math>I_2</math>)</p>		
<p>จาก <math>I_2 = \frac{E}{R_2 + R_4}</math></p>		
<p>เมื่อ <math>E = 15V, R_2 = 8k\Omega, R_4 = 4k\Omega</math></p>		
<p>แทนค่า <math>= \frac{15V}{8k\Omega + 4k\Omega}</math>  <math>= 1.25mA</math></p>		
<p>ดังนั้น จาก <math>I_T = I_1 + I_2</math></p>		
<p>แทนค่า <math>= 5mA + 1.25mA</math>  <math>= 6.25mA</math></p>		
<p><math>\therefore</math> กระแสไฟฟ้ารวม (<math>I_T</math>) = 6.25 แอมแปร์ <span style="float: right;"><u>ตอบ</u></span></p>		
<p><b>9.3 วงจรบริดจ์ในสถานะไม่สมดุล</b></p>		
<p>วงจรบริดจ์ในสถานะไม่สมดุล คือ วงจรที่อัตราส่วนของความต้านทาน <math>R_1/R_3 \neq R_2/R_4</math> ดังนั้น แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_1</math> จึงไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_2</math> และแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_3</math> ไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_4</math> เกิดความต่างที่จุด A และ B เป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน กัลป์วานอ์มิเตอร์ หรือ <math>I_G \neq 0</math> ดังรูปที่ 9.7</p>		
$\frac{R_1}{R_3} \neq \frac{R_2}{R_4} \quad (9-21)$		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 9.8 วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

จากวงจรในรูปที่ 9.7 จะเห็นว่าเป็นการเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างแขนหรือสาขาทั้งสองด้านของวงจรบริดจ์ กล่าวคือถ้าระดับแรงดันไฟฟ้าที่จุด A และ B เท่ากัน จะไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอ์มิเตอร์ แต่ถ้าระดับแรงดันไม่เท่ากันจะมีกระแสไหลผ่านกัลวานอ์มิเตอร์จากฝั่งที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าสูงไปสู่ที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าต่ำ วงจรบริดจ์จะอยู่ในสภาวะไม่สมดุล สามารถคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอ์มิเตอร์ได้ ดังนี้

$$V_G = V_{R2} - V_{R1} \quad (9-22)$$

หรือ

$$V_G = V_{R3} - V_{R4} \quad (9-23)$$


คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอ์มิเตอร์ ( $I_G$ ) ได้จาก

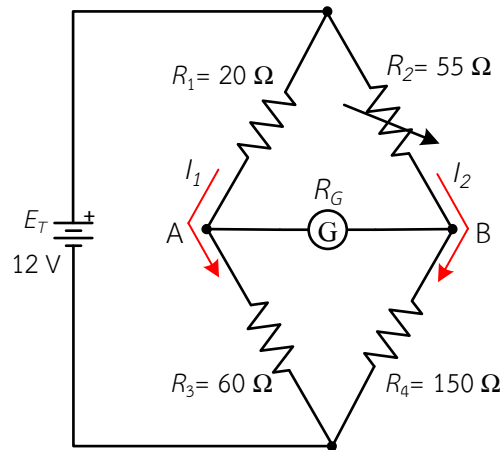
$$I_G = \frac{V_G}{R_G} \quad (9-24)$$

และคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมกัลวานอ์มิเตอร์ ( $V_G$ ) ได้จาก

$$V_G = I_G R_G \quad (9-25)$$

ตัวอย่างที่ 9.5 จากวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.9 จงหาว่าบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุลหรือไม่ หากไม่สมดุลต้องเปลี่ยน  $R_2$  เป็นเท่าใด บริดจ์จึงจะอยู่ในสภาวะสมดุล

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 9.9 วงจรบริดจ์ตามตัวอย่างที่ 9.5

**วิธีทำ**

ขั้นที่ 1 เมื่อบริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุล จะได้

$$\begin{aligned} \frac{R_1}{R_3} &= \frac{R_2}{R_4} \\ \frac{20 \Omega}{60 \Omega} &= \frac{55 \Omega}{150 \Omega} \\ \frac{1}{3} \Omega &= \frac{11}{30} \Omega \end{aligned}$$


∴ บริดจ์อยู่ในสภาวะไม่สมดุล

ตอบ

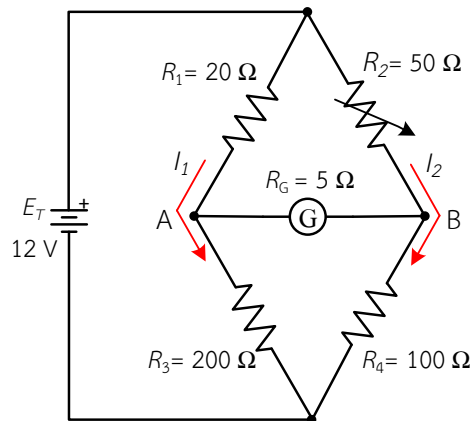
ขั้นที่ 2 จากอัตราส่วนของความต้านทานที่ได้มีค่าไม่เท่ากัน แสดงว่าบริดจ์อยู่ในสภาวะไม่สมดุล หากต้องการให้บริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุลต้องเปลี่ยนค่าความต้านทาน  $R_2$  ใหม่ ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad R_2 &= \frac{R_1 R_4}{R_3} \\ \text{เมื่อ} \quad R_1 &= 20 \Omega, R_3 = 60 \Omega, R_4 = 150 \Omega \\ \text{แทนค่า} &= \frac{20 \Omega \times 150 \Omega}{60 \Omega} \\ &= 50 \Omega \end{aligned}$$

∴ ต้องการให้บริดจ์อยู่ในสภาวะสมดุลต้องเปลี่ยนค่าความต้านทาน  $R_2 = 50$  โอห์ม ตอบ

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 9.6 จากวงจรบริดจ์ในรูปที่ 9.10 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอ์มิเตอร์ ( $I_G$ ) และแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมกัลวานอ์มิเตอร์ ( $V_G$ )



รูปที่ 9.10 วงจรบริดจ์ในสถานะไม่สมดุลตามตัวอย่างที่ 9.6

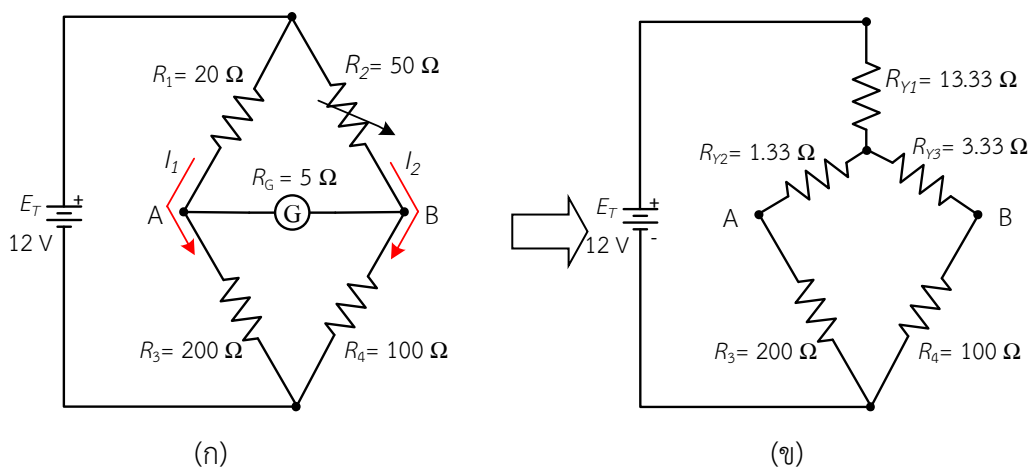
วิธีทำ ขั้นที่ 1 เมื่อบริดจ์อยู่ในสถานะสมดุล จะได้

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

$$\frac{20 \Omega}{200 \Omega} = \frac{50 \Omega}{100 \Omega}$$


$$\frac{1}{10} \Omega = \frac{1}{2} \Omega$$

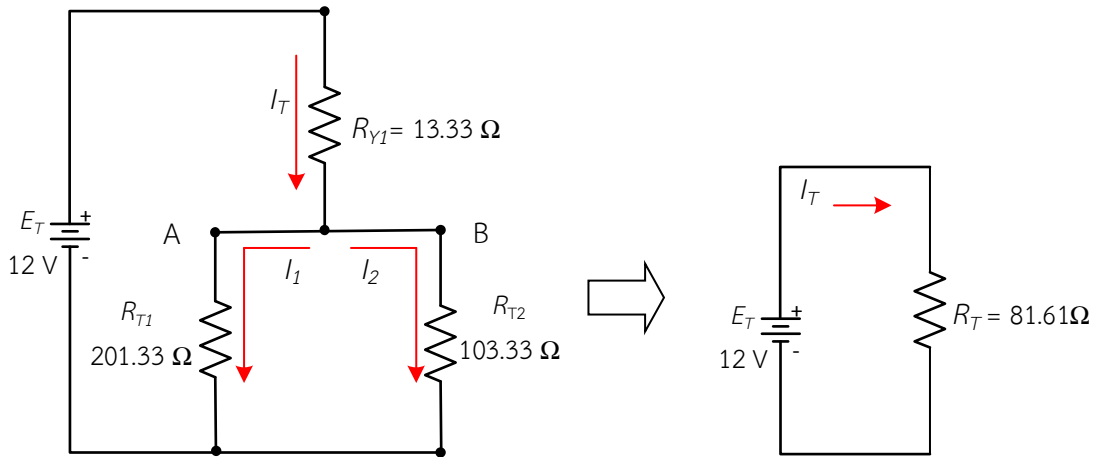
$\therefore$  จากอัตราส่วนของความต้านทานที่ได้มีค่าไม่เท่ากันแสดงว่าบริดจ์อยู่ในสถานะไม่สมดุล ตอบ  
ขั้นที่ 2 การยุบวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทานใช้การเปลี่ยนรูปแบบ  $\Delta$  เป็น Y ดังวงจรในรูปที่ 9.11



รูปที่ 9.11 แสดงการยุบวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทานใช้การเปลี่ยนรูปแบบ  $\Delta$  เป็น Y ตามตัวอย่างที่ 9.6



	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง



(ก)

(ข)

รูปที่ 9.12 แสดงการยุบวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทานรวม ตามตัวอย่างที่ 9.6

ขั้นที่ 3 ใช้สมการการเปลี่ยนรูปแบบ  $\Delta$  เป็น Y ดังนี้

$$\text{จาก } \sum R_{\nabla} = R_1 + R_2 + R_G$$

$$\text{เมื่อ } R_1 = 20 \Omega, R_2 = 50 \Omega, R_G = 5 \Omega$$

$$\text{แทนค่า} = 20 \Omega + 50 \Omega + 5 \Omega$$

$$= 75 \Omega$$

$$\text{จาก } R_{Y1} = \frac{R_1 R_2}{\sum R_{\nabla}}$$

$$\text{เมื่อ } R_1 = 20 \Omega, R_2 = 50 \Omega, \sum R_{\nabla} = 75 \Omega$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{20 \Omega \times 50 \Omega}{75 \Omega}$$


$$= 13.33 \Omega$$


$$\text{จาก } R_{Y2} = \frac{R_1 R_G}{\sum R_{\nabla}}$$

$$\text{เมื่อ } R_1 = 20 \Omega, R_G = 5 \Omega, \sum R_{\nabla} = 75 \Omega$$

$$\text{แทนค่า} = \frac{20 \Omega \times 5 \Omega}{75 \Omega}$$

$$= 1.33 \Omega$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
จาก	$R_{Y3} = \frac{R_2 R_G}{\sum R_{\nabla}}$	
เมื่อ	$R_2 = 50 \Omega, R_G = 5 \Omega, \sum R_{\nabla} = 75 \Omega$	
แทนค่า	$= \frac{50 \Omega \times 5 \Omega}{75 \Omega}$ $= 3.33 \Omega$	
จาก	$R_{T1} = R_{Y2} + R_3$	
เมื่อ	$R_{Y2} = 1.33 \Omega, R_3 = 200 \Omega$	
แทนค่า	$= 1.33 \Omega + 200 \Omega$ $= 201.33 \Omega$	
จาก	$R_{T2} = R_{Y3} + R_4$	
เมื่อ	$R_{Y3} = 3.33 \Omega, R_4 = 100 \Omega$	
แทนค่า	$= 3.33 \Omega + 100 \Omega$ $= 103.33 \Omega$	
จาก	$R_T = \frac{R_{T1} R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} + R_{Y1}$	
แทนค่า	$= \left( \frac{201.33 \Omega \times 103.33 \Omega}{201.33 \Omega + 103.33 \Omega} \right) + 13.33 \Omega$ $= 81.61 \Omega$	
<p>ขั้นที่ 4 หาค่ากระแสไฟฟ้ารวม โดยกฎของโอห์ม จะได้</p>		
จาก	$I_T = \frac{E}{R_T}$	
เมื่อ	$E = 12 \text{ V}, R_T = 81.61 \Omega$	
แทนค่า	$= \frac{12 \text{ V}}{81.61 \Omega}$ $= 0.147 \text{ A}$	

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง

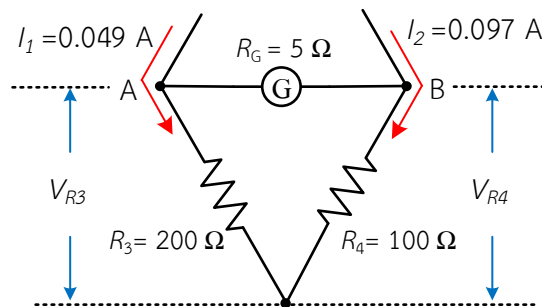
ขั้นที่ 5 หาค่ากระแสไฟฟ้า  $I_1$  โดยวิธีแบ่งกระแสไฟฟ้า จะได้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad I_1 &= \frac{I_T R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} \\ &= \frac{0.147 \text{ A} \times 103.33 \Omega}{201.33 \Omega + 103.33 \Omega} \\ &= 0.049 \text{ A} \end{aligned}$$

ขั้นที่ 6 หาค่ากระแสไฟฟ้า  $I_2$  โดยวิธีแบ่งกระแสไฟฟ้า จะได้

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad I_2 &= \frac{I_T R_{T1}}{R_{T1} + R_{T2}} \\ &= \frac{0.147 \text{ A} \times 201.33 \Omega}{201.33 \Omega + 103.33 \Omega} \\ &= 0.097 \text{ A} \end{aligned}$$


ขั้นที่ 7 หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ จุด A ( $V_{R3}$ ) และจุด B ( $V_{R4}$ ) โดยใช้กฎของโอห์ม จะได้



รูปที่ 9.13 วงจรไฟฟ้าส่วนหนึ่งตามตัวอย่างที่ 9.6

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad V_{R3} &= I_1 R_3 \\ \text{แทนค่า} &= 0.049 \text{ A} \times 200 \Omega \\ &= 9.8 \text{ V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{จาก} \quad V_{R4} &= I_2 R_4 \\ \text{แทนค่า} &= 0.097 \text{ A} \times 100 \Omega \\ &= 9.7 \text{ V} \end{aligned}$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 11
	หน่วยที่ 9 : วงจรบริดจ์	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>           ขั้นที่ 8 หาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมกัลวานอร์มิเตอร์ (<math>V_G</math>) ได้จาก           <math display="block">\begin{aligned} \text{จาก} \quad V_G &amp;= V_{R3} - V_{R4} \\ \text{แทนค่า} \quad &amp;= 9.8 \text{ V} - 9.7 \text{ V} \\ &amp;= 0.1 \text{ V} \end{aligned}</math> <math>\therefore</math> แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมกัลวานอร์มิเตอร์ (<math>V_G</math>) = 0.1 โวลต์ <span style="float: right;">ตอบ</span> </p> <p>           ขั้นที่ 9 หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอร์มิเตอร์ (<math>I_G</math>) ได้จาก           <math display="block">\begin{aligned} \text{จาก} \quad I_G &amp;= \frac{V_G}{R_G} \\ \text{แทนค่า} \quad &amp;= \frac{0.1 \text{ V}}{5 \Omega} \\ &amp;= 0.02 \text{ A} \end{aligned}</math> <math>\therefore</math> กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านกัลวานอร์มิเตอร์ (<math>I_G</math>) = 0.02 A <span style="float: right;">ตอบ</span> </p> <p> <b>สรุป</b>            วงจรบริดจ์ คือ วงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน 4 ตัว ต่อขนานกัน 2 สาขา ในแต่ละสาขาตัวต้านทานต่ออนุกรมกัน มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงต่อขนานกับตัวต้านทาน และมี กัลวานอร์มิเตอร์ต่อที่จุด A และ B ทำหน้าที่ตรวจสอบกระแสไฟฟ้าเพื่อบอกสถานะของวงจร วงจรบริดจ์แบ่งได้ 2 ลักษณะ คือ วงจรบริดจ์ในสถานะสมดุลและวงจรบริดจ์ในสถานะไม่สมดุล โดยวงจรบริดจ์ที่อยู่ในสถานะสมดุล คือ วงจรที่มีอัตราส่วนของตัวต้านทาน <math>R_1/R_3</math> เท่ากับ <math>R_2/R_4</math> แรงดันไฟฟ้าที่จุด A และ B มีค่าเท่ากัน หรือความต่างศักย์ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่ากับศูนย์โวลต์ จึงไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอร์มิเตอร์ ส่วนวงจรบริดจ์ในสถานะไม่สมดุล คือ วงจรที่มีอัตราส่วนของความต้านทาน <math>R_1/R_3</math> ไม่เท่ากับ <math>R_2/R_4</math> ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_1</math> จึงไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_2</math> และแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_3</math> ไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม <math>R_4</math> เกิดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุด A และ B เป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลวานอร์มิเตอร์         </p>		