
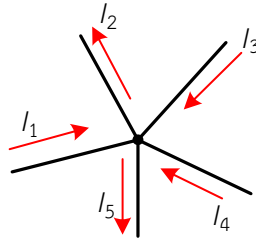
	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	<b>รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง</b>	<b>สัปดาห์ที่ 12</b>
	<b>หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ</b>	<b>จำนวน 1 ชั่วโมง</b>
<p><b>สาระสำคัญ</b></p> <p>ในวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน มีแหล่งจ่ายแรงดันหลายตัว และมีหลายสาขา ซึ่งวงจรลักษณะนี้ไม่สามารถใช้กฎของโอห์มแก้ปัญหาได้ นักวิทยาศาสตร์ชื่อ กุสตาฟ โรเบิร์ต เคอร์ชอฟฟ์ จึงได้คิดวิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเหล่านี้ เรียกว่า กฎของเคอร์ชอฟฟ์ โดยแบ่งเป็น 2 ข้อ คือ กฎกระแสไฟฟ้าและกฎแรงดันไฟฟ้า สามารถนำมาแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเหล่านี้ได้</p> <p><b>จุดประสงค์การเรียนการสอน</b></p> <p><b>จุดประสงค์ทั่วไป</b></p> <p>เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจวิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์ และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้</p> <p><b>จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. บอกกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้</li> <li>2. บอกกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้</li> <li>3. เขียนสมการไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้</li> <li>4. แก้สมการหาค่ากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานได้</li> <li>5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานได้</li> </ol> <p><b>คุณธรรม จริยธรรม</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>คุณลักษณะอันพึงประสงค์</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.1 ความรับผิดชอบ</li> <li>1.2 ความมีวินัย</li> <li>1.3 การตรงต่อเวลา</li> <li>1.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์</li> <li>1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ</li> <li>1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้</li> </ol> </li> <li>2. <b>การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ</li> <li>2.2 ทำตามลำดับขั้น</li> </ol> </li> </ol>		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	<b>รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง</b>	<b>สัปดาห์ที่ 12</b>
	<b>หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ</b>	<b>จำนวน 1 ชั่วโมง</b>
<p>2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด</p> <p>2.4 การมีส่วนร่วม</p> <p><b>สาระการเรียนรู้</b></p> <p>10.1 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์</p> <p>10.2 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์</p> <p>10.3 การเขียนสมการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์</p> <p>10.4 ดีเทอร์มิแนนต์</p> <p>10.5 การแก้สมการเชิงเส้นหาค่าตัวแปร</p> <p>10.6 การแก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์</p> <p><b>เนื้อหาสาระ</b></p> <p>จากที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะความรู้พื้นฐานและกฎต่างๆที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ามาแล้วนั้น ในหน่วยนี้จะกล่าววิธีการแก้ปัญหาของวงจรไฟฟ้าที่จะใช้หาค่ากระแสไฟฟ้าให้ได้รวดเร็วยิ่งขึ้นคือการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์เพื่อหาสมการของวงจรไฟฟ้าแล้วนำความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการพิสูจน์หาค่าของตัวแปรนั้น ๆ จะเป็นวิธีการจำกัดตัวแปร หรือใช้วิธีดีเทอร์มิแนนต์ในการหาค่าตัวแปร เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านโหลดที่โจทย์กำหนด มีหัวข้อดังนี้</p> <p><b>10.1 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law : KCL)</b></p> <p>กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์กล่าวว่า “ณ จุดใดๆในวงจรไฟฟ้าผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและไหลออกมีค่าเท่ากับศูนย์” หรือ “ณ จุดใด ๆ ในวงจรไฟฟ้า ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออก” ดังสมการที่ (10-1) และ (10-2)</p> <p>จากผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและไหลออกเท่ากับศูนย์ เขียนเป็นสมการได้</p> $\sum I = 0 \quad (10-1)$ <p>หรือผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุดเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดเขียนเป็นสมการได้</p> $\sum I_{in} = \sum I_{out} \quad (10-2)$		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 10.1 แสดงกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและไหลออกตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

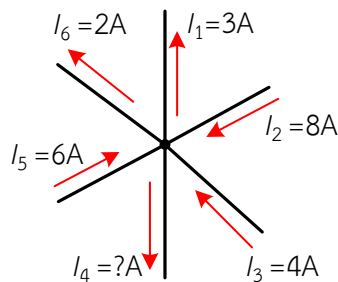
จากรูปที่ 10.1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าคือ  $I_1, I_3, I_4$  และกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกคือ  $I_2, I_5$  เขียนสมการกระแสได้ดังนี้

$$I_1 + I_3 + I_4 = I_2 + I_5 \quad (10-3)$$

หรือ  $I_1 + I_3 + I_4 - I_2 - I_5 = 0 \quad (10-4)$

หรือ  $I_1 + I_3 + I_4 - (I_2 + I_5) = 0 \quad (10-5)$

ตัวอย่างที่ 10.1 จากรูปที่ 10.2 กำหนดให้  $I_1 = 3A, I_2 = 1A, I_3 = 5A, I_5 = 4A, I_6 = 6A$  จงหากระแสไฟฟ้า  $I_4$



รูปที่ 10.2 ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.1

วิธีทำ

จาก

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

จะได้

$$I_2 + I_3 + I_5 = I_1 + I_4 + I_6$$


$$I_4 = -I_1 + I_2 + I_3 + I_5 - I_6$$

แทนค่า

$$I_4 = -3 + 8 + 4 + 6 - 2 = 13A$$

$$\therefore \text{กระแสไฟฟ้า } I_4 = 13A$$

**ตอบ**

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง

### 10.2 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law : KVL)

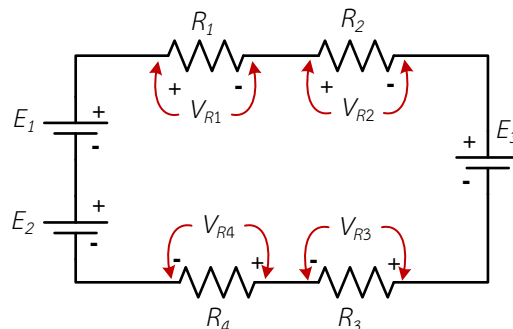
กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กล่าวว่า “ในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่มีค่าเท่ากับศูนย์” หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า “ในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่าย” ดังสมการที่ (10-6) และ (10-7)

จากผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าเท่ากับศูนย์ เขียนเป็นสมการได้

$$\sum E = 0 \quad (10-6)$$

หรือ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย เขียนเป็นสมการได้

$$\sum V_R = \sum E \quad (10-7)$$



รูปที่ 10.3 แสดงแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.3 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน คือ  $V_{R1}$ ,  $V_{R2}$ ,  $V_{R3}$  และ  $V_{R4}$  แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายคือ  $E_1$ ,  $E_2$  และ  $E_3$  เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้


$$V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + V_{R4} = E_1 + E_2 - E_3 \quad (10-8)$$

หรือ

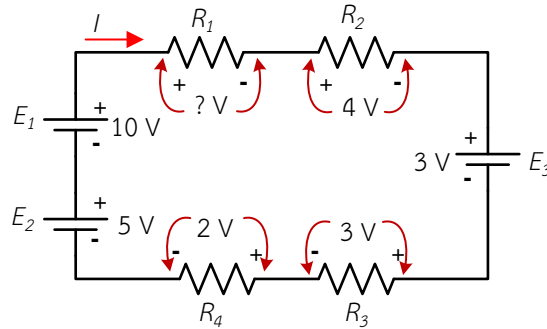
$$V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + V_{R4} - E_1 - E_2 + E_3 = 0 \quad (10-9)$$

หรือ

$$V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + V_{R4} + E_3 - (E_1 + E_2) = 0 \quad (10-10)$$

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 10.2 จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.4 กำหนดให้  $E_1 = 10\text{ V}$ ,  $E_2 = 5\text{ V}$ ,  $E_3 = 3\text{ V}$ ,  $V_{R_2} = 4\text{ V}$ ,  $V_{R_3} = 3\text{ V}$ ,  $V_{R_4} = 2\text{ V}$  จงหาแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อม  $R_1$



รูปที่ 10.4 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.2

#### วิธีทำ

จาก 
$$\sum V_R = \sum E$$

จะได้ 
$$V_{R_1} + V_{R_2} + V_{R_3} + V_{R_4} = E_1 + E_2 - E_3$$

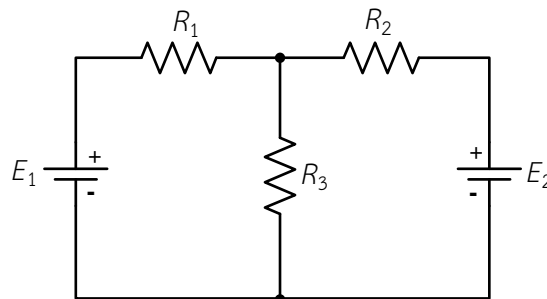
แทนค่า 
$$V_{R_1} = E_1 + E_2 - E_3 - V_{R_2} - V_{R_3} - V_{R_4}$$

$$V_{R_1} = 10 + 5 - 3 - 4 - 3 - 2 = 3\text{ V}$$

$\therefore$  ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน  $R_1 = 3\text{ V}$  ตอบ

#### 10.3 การเขียนสมการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์


ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.5 โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ มีขั้นตอนดังนี้

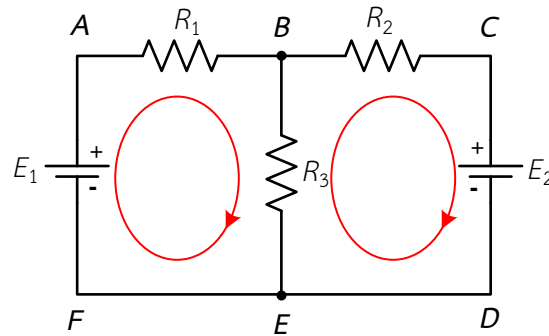


รูปที่ 10.5 วงจรไฟฟ้า

ขั้นที่ 1 ตั้งชื่อลูป (Loop) หรือวงรอบ ดังรูปที่ 10.6 ซึ่งวงจรนี้มี 2 ลูป คือ ลูป ABEFA และ

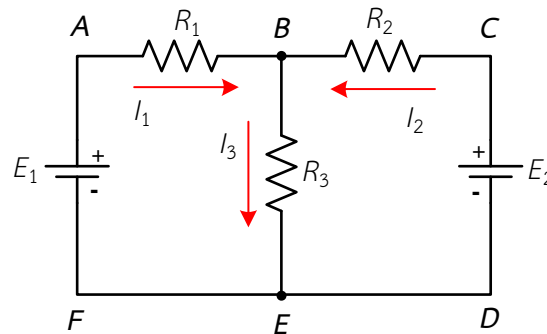
ลูป BCDEB

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง



รูปที่ 10.6 แสดงการตั้งชื่อลูป

ขั้นที่ 2 กำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาของวงจร โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลเข้าจุดหรือไหลออกจากจุดก็ได้ ดังรูปที่ 10.7





รูปที่ 10.7 แสดงการกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

ขั้นที่ 3 เขียนสมการกระแสไฟฟ้าตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่กล่าวว่าผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุดเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุด


จะได้ 
$$I_1 + I_2 = I_3 \quad (10-11)$$


ขั้นที่ 4 เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่กล่าวว่า ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย โดยพิจารณาทีละลูป ในส่วนของการใส่เครื่องหมายหน้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานมีวิธีการพิจารณาคือ หากพิจารณาลูปไปในทางเดียวกันกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า จะได้เครื่องหมายหน้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานเป็นบวก และหากพิจารณาลูปไปในทางสวนกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า


	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>จะได้เครื่องหมายหน้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานเป็นลบ ในส่วนของการใส่เครื่องหมายหน้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ามีวิธีการพิจารณาคือ หากพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากขั้วลบไปขั้วบวกได้ เครื่องหมายบวก และหากพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจากขั้วบวกไปขั้วลบได้เครื่องหมายลบ จากรูปที่ 10.7 เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้</p>		
<p>พิจารณาลูป <u>ABEFA</u> (ทางเดียวกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า <math>I_1</math> และ <math>I_3</math>) จะได้</p>		
$V_{R1} + V_{R3} = E_1$		
<p>จากกฎของโอห์ม <math>E = IR</math> โดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_1</math> คือ <math>I_1</math> และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_3</math> คือ <math>I_3</math> จะได้</p>		
$I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1 \quad (10-12)$		
<p>แทนสมการที่ (10-11) ลงใน สมการที่ (10-12) จะได้</p>		
$I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = E_1$		
$I_1 R_1 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_1$		
$I_1 (R_1 + R_3) + I_2 R_3 = E_1 \quad (10-13)$		
<p>พิจารณาลูป <u>CBEDC</u> (ทางเดียวกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า <math>I_2</math> และ <math>I_3</math>) จะได้</p>		
$V_{R2} + V_{R3} = E_2$		
<p>จากกฎของโอห์ม <math>E = IR</math> โดยกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_2</math> คือ <math>I_2</math> และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_3</math> คือ <math>I_3</math> จะได้</p>		
$I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_2 \quad (10-14)$		
<p>แทนสมการที่ (10-11) ลงใน สมการที่ (10-14) จะได้</p>		
$I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$		
$I_2 R_2 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_2$		
$I_1 R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2 \quad (10-15)$		


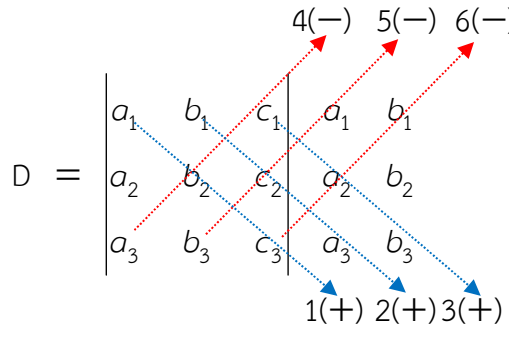
	ใบเนื้อหา															
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12														
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง														
<p>หากลองเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าในลูปที่ 2 ใหม่ โดยจะพิจารณาสวนทางกับทิศทางของกระแสไฟฟ้า <math>I_2</math> และ <math>I_3</math> ดังนี้</p> <p>พิจารณาลูป <math>BCDEB</math> จะได้</p> $\begin{aligned} -V_{R_2} - V_{R_3} &= -E_2 \\ -I_2 R_2 - I_3 R_3 &= -E_2 \end{aligned} \quad (10-16)$ <p>แทนสมการที่ (10-11) ลงใน สมการที่ (10-16) จะได้</p> $\begin{aligned} -I_2 R_2 - (I_1 + I_2) R_3 &= -E_2 \\ -I_2 R_2 - I_1 R_3 - I_2 R_3 &= -E_2 \\ -I_1 R_3 - I_2 (R_2 + R_3) &= -E_2 \end{aligned} \quad (10-17)$ <p>(สามารถศึกษาวิธีการคำนวณในหัวข้อที่ 10.6 การแก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ ตัวอย่างที่ 10.8)</p> <p><b>10.4 ดีเทอร์มิแนนต์</b></p> <p>ดีเทอร์มิแนนต์ (Determinant) ใช้แก้โจทย์คณิตศาสตร์ที่มีตัวแปรตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป ในทางวงจรไฟฟ้าที่นำไปใช้ เช่น การแก้โจทย์ด้วยวิธีกระแสเมฆและวิธีแรงดันโนดเป็นต้น</p> <p>พิจารณาสมการต่อไปนี้ เมื่อ <math>x</math> และ <math>y</math> เป็นตัวแปรที่ไม่ทราบค่า และ <math>a_1, a_2, b_1, b_2, c_1</math> และ <math>c_2</math> เป็นค่าคงที่</p> <table style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th></th> <th>แถวตั้ง 1</th> <th>แถวตั้ง 2</th> <th>แถวตั้ง 3</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>แถวนอน 1</td> <td rowspan="2" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <math>a_1 x + b_1 y = c_1</math>  <math>a_2 x + b_2 y = c_2</math> </td> <td></td> <td></td> <td>(10-18)</td> </tr> <tr> <td>แถวนอน 2</td> <td></td> <td></td> <td>(10-19)</td> </tr> </tbody> </table> <p>ดังนั้นถ้าใช้ดีเทอร์มิแนนต์เพื่อหาค่า <math>x</math> และ <math>y</math> จะได้รูปแบบแต่ละตัวแปรดังนี้</p> $x = \frac{\begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} \quad y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} \quad (10-20)$				แถวตั้ง 1	แถวตั้ง 2	แถวตั้ง 3		แถวนอน 1	$a_1 x + b_1 y = c_1$ $a_2 x + b_2 y = c_2$			(10-18)	แถวนอน 2			(10-19)
	แถวตั้ง 1	แถวตั้ง 2	แถวตั้ง 3													
แถวนอน 1	$a_1 x + b_1 y = c_1$ $a_2 x + b_2 y = c_2$			(10-18)												
แถวนอน 2				(10-19)												




	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>การจัดเรียงค่าแต่ละค่าในสมการที่ (10-20) จำนวนที่เป็นเศษ และจำนวนที่เป็นส่วน ในตัวเศษส่วน หมายถึง ดีเทอร์มิแนนต์ (D) ซึ่งหาค่าเชิงตัวเลขได้ดังนี้</p>		
<p style="text-align: center;">แถวตั้ง 1    แถวตั้ง 2</p> <p>ดีเทอร์มิแนนต์ <math>D = \begin{vmatrix} a_1 &amp; b_1 \\ a_2 &amp; b_2 \end{vmatrix} = a_1b_2 - a_2b_1</math> <span style="float: right;">(10-21)</span></p>		
<p>เมื่อใช้ดีเทอร์มิแนนต์เพื่อหาค่า <math>x</math> และ <math>y</math> จากสมการที่ (10-19) และ (10-20) จะได้ดังนี้</p>		
$x = \frac{\begin{vmatrix} c_1 & b_1 \\ c_2 & b_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{c_1b_2 - c_2b_1}{a_1b_2 - a_2b_1}$ <span style="float: right;">(10-22)</span>		
$y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & c_1 \\ a_2 & c_2 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \end{vmatrix}} = \frac{a_1c_2 - a_2c_1}{a_1b_2 - a_2b_1}$ <span style="float: right;">(10-23)</span>		
<p><u>ตัวอย่างที่ 10.3</u> จากสมการจงหาค่า <math>x</math> และ <math>y</math></p>		
$\begin{aligned} 2x + y &= 3 \\ 3x + 4y &= 4 \end{aligned}$		
<p><u>วิธีทำ</u></p>		
$x = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 4 & 4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 2 & 1 \\ 3 & 4 \end{vmatrix}} = \frac{(3 \times 4) - (4 \times 1)}{(2 \times 4) - (3 \times 1)} = \frac{12 - 4}{8 - 3}$ $= \frac{8}{5} = 1.6$ <p style="text-align: center;"><math>\therefore x = 1.6</math> <span style="float: right;">ตอบ</span></p>		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมซ	จำนวน 1 ชั่วโมง
$y = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 3 & 4 \end{vmatrix}}{5} = \frac{(2 \times 4) - (3 \times 3)}{5} = \frac{8 - 9}{5}$ $= \frac{-1}{5} = -0.2$ $\therefore y = -0.2$		
<p>ตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวแปร <math>x</math> และ <math>y</math> โดยแทนค่าลงในสมการโจทย์จะได้</p> $2x + y = (2 \times 1.6) + (-0.2) = 3.2 - 0.2 = 3 \quad \text{แสดงว่าถูกต้อง}$ $3x + 4y = (3 \times 1.6) + (4 \times (-0.2)) = 4.8 - 0.8 = 4 \quad \text{แสดงว่าถูกต้อง}$		
<p><u>ตัวอย่างที่ 10.4</u> จากสมการจงหาค่า <math>x</math> และ <math>y</math></p> $x = 4 - 8y$ $3x = -2 + 4y$		
<p><u>วิธีทำ</u></p> <p>ขั้นที่ 1 เขียนสมการใหม่ให้อยู่ในรูปแบบสมการที่ (10-18) และ (10-29) จะได้</p> $x + 4y = 4$ $3x - 4y = -2$		
<p>ขั้นที่ 2 หาค่า <math>x</math> และ <math>y</math> ด้วยดีเทอร์มิแนนต์จะได้</p> $x = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 4 \\ -2 & -4 \\ 1 & 4 \\ 3 & -4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 3 & -4 \end{vmatrix}} = \frac{(4 \times (-4)) - ((-2) \times 4)}{(1 \times (-4)) - (3 \times 4)} = \frac{-16 + 8}{-4 - 12}$ $= \frac{-8}{-16} = \frac{1}{2}$ $\therefore x = 0.5$ <p style="text-align: right;">ตอบ</p>		

	ใบเนื้อหา										
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12									
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมซ	จำนวน 1 ชั่วโมง									
$y = \frac{\begin{vmatrix} 1 & 4 \\ 3 & -2 \end{vmatrix}}{-16} = \frac{(1 \times (-2)) - (3 \times 4)}{-16} = \frac{-2 - 12}{-16}$ $= \frac{-14}{-16} = \frac{7}{8}$ $\therefore y = 0.875 \quad \text{ตอบ}$											
<p>ขั้นที่ 3 ตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวแปร <math>x</math> และ <math>y</math> โดยแทนค่าลงในสมการโหทยังจะได้</p> $x + 4y = 0.5 + (4 \times 0.875)$ $= 0.5 + 3.5$ $= 4 \quad \text{แสดงว่าถูกต้อง}$ $3x - 4y = (3 \times 0.5) - (4 \times 0.875)$ $= 1.5 - 3.5$ $= -2 \quad \text{แสดงว่าถูกต้อง}$											
<p>การใช้ดีเทอร์มิแนนต์ไม่ได้จำกัดแต่เพียงการแก้สมการที่มีสองตัวแปรเท่านั้น แต่ยังสามารถใช้กับตัวเลขใดก็ได้ของสมการเชิงเส้นที่เกิดขึ้นพร้อมกัน การนำไปใช้งานต้องตรวจสอบความถูกต้องให้ละเอียด โดยเฉพาะดีเทอร์มิแนนต์สามตัวแปรซึ่งมีขั้นตอนการพิจารณาดังนี้</p>											
<p style="text-align: center;">แถวตั้ง 1    แถวตั้ง 2    แถวตั้ง 3    แถวตั้ง 4</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%; padding-right: 10px;">แถวนอน 1</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><math>a_1x + b_1y + c_1z = d_1</math></td> <td style="text-align: right; padding-right: 10px;">(10-24)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">แถวนอน 2</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><math>a_2x + b_2y + c_2z = d_2</math></td> <td style="text-align: right; padding-right: 10px;">(10-25)</td> </tr> <tr> <td style="padding-right: 10px;">แถวนอน 3</td> <td style="border: 1px solid black; padding: 5px;"><math>a_3x + b_3y + c_3z = d_3</math></td> <td style="text-align: right; padding-right: 10px;">(10-26)</td> </tr> </table>			แถวนอน 1	$a_1x + b_1y + c_1z = d_1$	(10-24)	แถวนอน 2	$a_2x + b_2y + c_2z = d_2$	(10-25)	แถวนอน 3	$a_3x + b_3y + c_3z = d_3$	(10-26)
แถวนอน 1	$a_1x + b_1y + c_1z = d_1$	(10-24)									
แถวนอน 2	$a_2x + b_2y + c_2z = d_2$	(10-25)									
แถวนอน 3	$a_3x + b_3y + c_3z = d_3$	(10-26)									
<p>เมื่อ <math>x, y</math> และ <math>z</math> เป็นตัวแปร และ <math>a_{1,2,3}, b_{1,2,3}</math> และ <math>c_{1,2,3}</math> เป็นค่าคงที่การจัดเรียงดีเทอร์มิแนนต์สำหรับ <math>x, y</math> และ <math>z</math> จัดเรียงคล้ายกับแบบสองตัวแปร นั่นคือ การหาค่า <math>x</math> โดยนำค่าในแถวตั้ง 4 แทนในจำนวนที่เป็นเศษส่วนของแถวตั้ง 1 ในดีเทอร์มิแนนต์แล้วหารด้วยดีเทอร์มิแนนต์ (<math>D</math>) ในส่วนของการหาค่า <math>y</math> และ <math>z</math> ทำโดยใช้หลักการเดียวกันกับการหาค่า <math>x</math> อธิบายได้ดังนี้</p>											

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p style="text-align: center;">ดีเทอร์มิแนนต์ <math>D = \begin{vmatrix} a_1 &amp; b_1 &amp; c_1 \\ a_2 &amp; b_2 &amp; c_2 \\ a_3 &amp; b_3 &amp; c_3 \end{vmatrix}</math></p> <p style="text-align: center;"> <math>x = \frac{\begin{vmatrix} d_1 &amp; b_1 &amp; c_1 \\ d_2 &amp; b_2 &amp; c_2 \\ d_3 &amp; b_3 &amp; c_3 \end{vmatrix}}{D}</math> <math>y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 &amp; d_1 &amp; c_1 \\ a_2 &amp; d_2 &amp; c_2 \\ a_3 &amp; d_3 &amp; c_3 \end{vmatrix}}{D}</math> <math>z = \frac{\begin{vmatrix} a_1 &amp; b_1 &amp; d_1 \\ a_2 &amp; b_2 &amp; d_2 \\ a_3 &amp; b_3 &amp; d_3 \end{vmatrix}}{D}</math> </p>		
<p>วิธีการหาค่าดีเทอร์มิแนนต์อันดับที่ 3 หรือ 3 ตัวแปร มีวิธีการโดยเพิ่มแถวตั้งที่ 1 และแถวตั้งที่ 2 ต่อจากแถวตั้งที่ 3 จากนั้นหาผลรวมของตัวเลขในแนวทแยงดังนี้</p>		
 <p style="text-align: center;"> <math>D = \begin{vmatrix} a_1 &amp; b_1 &amp; c_1 \\ a_2 &amp; b_2 &amp; c_2 \\ a_3 &amp; b_3 &amp; c_3 \end{vmatrix} \begin{matrix} 4(-) &amp; 5(-) &amp; 6(-) \\ a_1 &amp; b_1 \\ a_2 &amp; b_2 \\ a_3 &amp; b_3 \\ 1(+), 2(+), 3(+) \end{matrix}</math> </p>		
<p>ผลลัพธ์ตามแนวทแยง 1, 2 และ 3 เป็นบวกเรียงลำดับดังนี้</p> $+ a_1 b_1 c_3 + b_1 c_2 a_3 + c_1 a_2 b_3$		
<p>ผลลัพธ์ตามแนวทแยง 4, 5 และ 6 เป็นบวกเรียงลำดับดังนี้</p> $- a_3 b_2 c_1 - b_3 c_2 a_1 - c_3 a_2 b_1$		
<p>ผลรวมของแนวทแยง 1-3 และ 4-6 ได้ดังนี้</p>		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง

$$(+a_1b_1c_3 + b_1c_2a_3 + c_1a_2b_3) + (-a_3b_2c_1 - b_3c_2a_1 - c_3a_2b_1)$$

หรือ  $(+a_1b_1c_3 + b_1c_2a_3 + c_1a_2b_3) - (+a_1b_1c_3 + b_1c_2a_3 + c_1a_2b_3)$

หมายเหตุ วิธีการคิดแบบนี้ใช้ได้กับดีเทอร์มิแนนต์ 3 อันดับเท่านั้น ไม่เหมาะกับ 4 อันดับหรือสูงกว่านี้

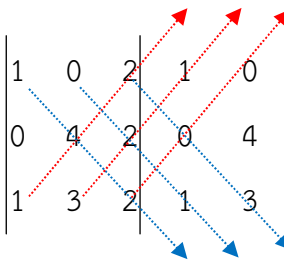
ตัวอย่างที่ 10.5 จากสมการจงหาค่า  $x, y$  และ  $z$

$$1x + 0y + 2z = -1$$

$$0x + 4y + 2z = 2$$

$$1x + 3y + 2z = 0$$

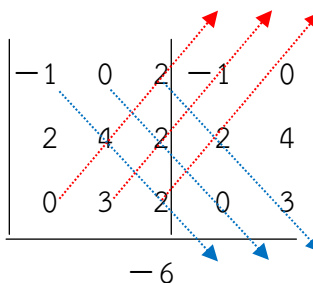
วิธีทำ

$$D = \begin{vmatrix} 1 & 0 & 2 & 1 & 0 \\ 0 & 4 & 2 & 0 & 4 \\ 1 & 3 & 2 & 1 & 3 \end{vmatrix}$$


$$= \left\{ \begin{aligned} &[(1 \times 4 \times 2) + (0 \times 2 \times 1) + (2 \times 0 \times 3)] \\ &- [(1 \times 4 \times 2) + (3 \times 2 \times 1) + (2 \times 0 \times 0)] \end{aligned} \right\}$$


$$= (8 + 0 + 0) - (8 + 6 + 0)$$

$$= 8 - 14 = -6$$

$$x = \frac{\begin{vmatrix} d_1 & b_1 & c_1 \\ d_2 & b_2 & c_2 \\ d_3 & b_3 & c_3 \end{vmatrix}}{D} = \frac{\begin{vmatrix} -1 & 0 & 2 & -1 & 0 \\ 2 & 4 & 2 & 2 & 4 \\ 0 & 3 & 2 & 0 & 3 \end{vmatrix}}{-6}$$


$$= \frac{\left\{ \begin{aligned} & [((-1) \times 4 \times 2) + (0 \times 2 \times 0) + (2 \times 2 \times 3)] \\ & - [(0 \times 4 \times 2) + (3 \times 2 \times (-1)) + (2 \times 2 \times 0)] \end{aligned} \right\}}{-6}$$

$$-6$$

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง

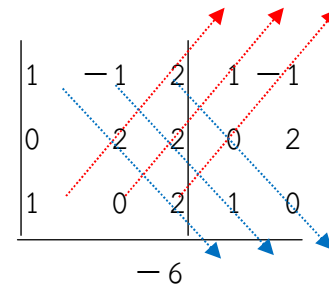
$$= \frac{((-8) + 0 + 12) - (0 + (-6) + 0)}{-6}$$

$$= \frac{4 + 6}{-6}$$

$$= \frac{10}{-6} = -1.67$$

$$\therefore x = -1.67$$

ตอบ

$$y = \frac{\begin{vmatrix} a_1 & d_1 & c_1 \\ a_2 & d_2 & c_2 \\ a_3 & d_3 & c_3 \end{vmatrix}}{D} = \frac{\begin{vmatrix} 1 & -1 & 2 & 1 & -1 \\ 0 & 2 & 2 & 0 & 2 \\ 1 & 0 & 2 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{-6}$$


$$= \frac{\left\{ \begin{aligned} & [(1 \times 2 \times 2) + ((-1) \times 2 \times 1) + (2 \times 0 \times 0)] \\ & - [(1 \times 2 \times 2) + (0 \times 2 \times 1) + (2 \times 0 \times (-1))] \end{aligned} \right\}}{-6}$$

$$= \frac{(4 + (-2) + 0) - (4 + 0 + 0)}{-6}$$


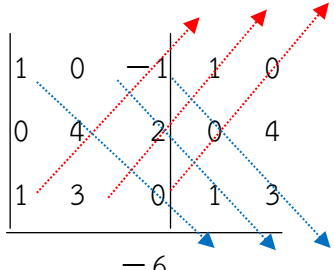
$$= \frac{2 - 4}{-6}$$


$$= \frac{-2}{-6}$$

$$= 0.33$$


$$\therefore y = 0.33$$


ตอบ

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมซ	จำนวน 1 ชั่วโมง
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <math display="block">z = \frac{\begin{vmatrix} a_1 &amp; b_1 &amp; d_1 \\ a_2 &amp; b_2 &amp; d_2 \\ a_3 &amp; b_3 &amp; d_3 \end{vmatrix}}{D} = \frac{\begin{vmatrix} 1 &amp; 0 &amp; -1 &amp; 1 &amp; 0 \\ 0 &amp; 4 &amp; 2 &amp; 0 &amp; 4 \\ 1 &amp; 3 &amp; 0 &amp; 1 &amp; 3 \end{vmatrix}}{-6}</math> </div> <div style="text-align: center;">  </div> </div> $= \frac{\left\{ \begin{array}{l} [(1 \times 4 \times 0) + (0 \times 2 \times 1) + ((-1) \times 0 \times 3)] \\ - [(1 \times 4 \times (-1)) + (3 \times 2 \times 1) + (0 \times 0 \times 0)] \end{array} \right\}}{-6}$ $= \frac{(0 + 0 + 0) - ((-4) + 6 + 0)}{-6}$ $= \frac{0 - 2}{-6}$ $= \frac{-2}{-6}$ $= 0.33$ <p><math>\therefore z = 0.33</math> <span style="float: right;">ตอบ</span></p>		
<p>ตรวจสอบความถูกต้องของค่าตัวแปร <math>x, y</math> และ <math>z</math> โดยแทนค่าลงในสมการโจทย์จะได้</p> $\left. \begin{array}{l} 1x + 0y + 2z = -1 \\ 0x + 4y + 2z = 2 \\ 1x + 3y + 2z = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} (1 \times (-1.67)) + (0 \times 0.33) + (2 \times 0.33) = -1.01 \approx -1 \\ (0 \times (-1.67)) + (4 \times 0.33) + (2 \times 0.33) = 1.98 \approx 2 \\ (1 \times (-1.67)) + (3 \times 0.33) + (2 \times 0.33) = -0.02 \approx 0 \end{array} \right\} \text{ถูกต้อง}$		
<h3>10.5 การแก้สมการเชิงเส้นหาค่าตัวแปร</h3> <p>นำสมการที่ได้จากการกระบวนการคิดที่ผ่านมาไม่ว่าสมการได้มาจากวิธีการเขียนสมการกระแสไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ หรือได้จากวิธีกระแสเมซ นำไปแก้สมการ เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้า <math>I_1</math> และ <math>I_2</math> หากค่ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่แท้จริงตรงข้ามกับทิศทางการไหลที่กำหนดไว้ สมการเชิงเส้น 2 ตัวแปรมีรูปแบบการแก้สมการเพื่อหาค่าตัวแปรมีวิธีการดังนี้</p>		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>10.5.1 วิธีที่ 1 กำจัดตัวแปร</p> <p>ให้จัดระบบสมการให้เป็นสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยนำสมการทั้งสองมาบวกหรือลบกัน เพื่อกำจัดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งให้หมดไปก่อน หากไม่สามารถบวกหรือลบเพื่อกำจัดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งได้ ให้นำค่าคงที่มากคูณตลอดในสมการใดสมการหนึ่ง หรือในบางครั้งอาจต้องนำค่าคงที่ ที่ต่างกันมากคูณตลอดทั้งสองสมการ เมื่อกำจัดตัวแปรตัวใดตัวหนึ่งได้แล้ว ให้แก้สมการหาค่าตัวแปรจากสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว แล้วนำค่าตัวแปรที่ได้ไปแทนค่าในสมการใดสมการหนึ่งที่เหมาะสมเพื่อหาค่าตัวแปรอีกตัวหนึ่งดังตัวอย่างที่ 10.6</p> <p><u>ตัวอย่างที่ 10.6</u> จงแก้สมการ หาค่า <math>I_1</math> และ <math>I_2</math></p> $2I_1 + 3I_2 = -5$ $3I_1 - 6I_2 = 4$ <p><u>วิธีทำ</u></p> $2I_1 + 3I_2 = -5 \quad (1)$ $3I_1 - 6I_2 = 4 \quad (2)$ <p>ขั้นที่ 1 นำ 2 คูณตลอดในสมการ (1) จะได้</p> $4I_1 + 6I_2 = -10 \quad (3)$ <p>ขั้นที่ 2 นำสมการ (3) บวก สมการ (2) จะได้</p> $7I_1 = -6$ <p>ขั้นที่ 3 ย้ายข้างสมการหาค่า <math>I_1</math> จะได้</p> $I_1 = \frac{-6}{7} = -0.857$ $\therefore I_1 = -0.857 \quad \text{ตอบ}$ <p>ขั้นที่ 4 นำค่า <math>I_1</math> แทนในสมการ (1) เพื่อหาค่า <math>I_2</math> จะได้</p> $2 \times (-0.857) + 3I_2 = -5$ $-1.714 + 3I_2 = -5$ $3I_2 = -5 + 1.714$		



	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมซ	จำนวน 1 ชั่วโมง
$I_2 = \frac{-3.286}{3}$ $= -1.095$ $\therefore I_2 = -1.095$ <p style="text-align: right;">ตอบ</p>		
<p>ขั้นที่ 5 ตรวจสอบคำตอบ โดยแทนค่าของ <math>I_1</math> และ <math>I_2</math> ลงในสมการ (1) จะได้</p> $(2 \times (-0.857)) + (3 \times (-1.095)) = -5$ $-1.714 - 3.285 = -5$ $-4.999 = -5$ <p style="text-align: right;">ตอบ</p>		
<p>จากการแทนค่า <math>I_1</math> และ <math>I_2</math> ลงในสมการ (1) แล้ว ค่าของสมการด้านซ้ายมือได้ <math>-4.999</math> หรือโดยประมาณ <math>-5</math> นั่นเอง สมการทั้ง 2 ข้างจึงมีค่าเท่ากัน แสดงว่าค่าของ <math>I_1</math> และ <math>I_2</math> ที่หาได้นั้นถูกต้อง</p>		
<p>10.5.2 วิธีที่ 2 ดีเทอร์มิแนนท์</p> <p>การแก้สมการหลายตัวแปรด้วยดีเทอร์มิแนนท์ ทำได้ง่ายและรวดเร็ว จากรูปแบบของสมการเชิงเส้น 2 ตัวแปร</p>		
<p><u>ตัวอย่างที่ 10.7</u> จงแก้สมการ หาค่า <math>I_1</math> และ <math>I_2</math></p> $2I_1 + 3I_2 = -5$ $3I_1 - 6I_2 = 4$		
<p><u>วิธีทำ</u></p> $\begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 3 & -6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ 4 \end{bmatrix}$ $D = \begin{vmatrix} 2 & 3 \\ 3 & -6 \end{vmatrix}$ $= (2 \times (-6)) - (3 \times 3)$ $= 12 - 9$ $= -21$		

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -5 & 3 \\ 4 & -6 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{((-5) \times (-6)) - (4 \times 3)}{-21}$$

$$= \frac{30 - 12}{-21}$$

$$= -0.857$$

$$\therefore I_1 = -0.875 \text{ A}$$

ตอบ

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & -5 \\ 3 & 4 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(2 \times 4) - (3 \times (-5))}{-21}$$

$$= \frac{8 + 15}{-21}$$

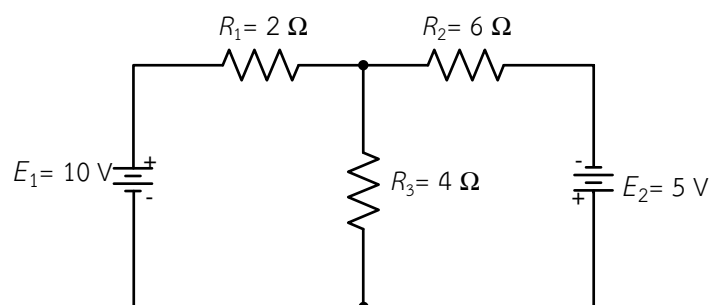
$$= -1.095$$

$$\therefore I_2 = -1.095 \text{ A}$$

ตอบ

### 10.6 การแก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

จากหลักการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าสามารถนำมาแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าดังตัวอย่างต่อไปนี้  
ตัวอย่างที่ 10.8 จากวงจรในรูปที่ 10.8 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว

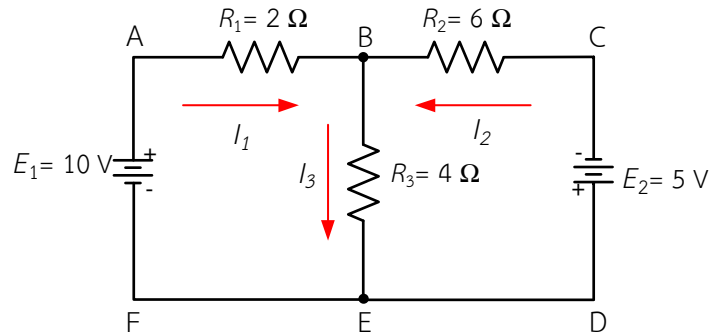


รูปที่ 10.8 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.8

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง

วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ตั้งชื่อลูป และกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาของวงจร ดังรูปที่ 10.9



รูปที่ 10.9 แสดงการตั้งชื่อลูป และกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า  
ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.5

ขั้นที่ 2 เขียนสมการกระแสตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้

$$I_3 = I_1 + I_2 \quad (1)$$

ขั้นที่ 3 เขียนสมการแรงดันตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

พิจารณา ลูป ABEFA จะได้

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 = E_1$$

แทนค่า  $2I_1 + 4I_3 = 10 \quad (2)$

นำสมการที่ (1) แทนลงใน สมการที่ (2) จะได้

$$2I_1 + 4(I_1 + I_2) = 10$$


$$2I_1 + 4I_1 + 4I_2 = 10$$


$$6I_1 + 4I_2 = 10 \quad (3)$$


พิจารณา ลูป CBEDC จะได้

$$I_2 R_2 + I_3 R_3 = -E_2$$

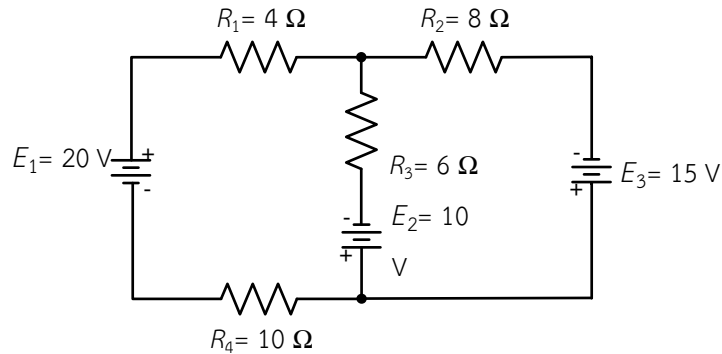
แทนค่า  $6I_2 + 4I_3 = -5 \quad (4)$

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p>นำสมการที่ (1) แทนลงใน สมการที่ (4) จะได้</p> $6I_2 + 4(I_1 + I_2) = -5$ $4I_1 + 10I_2 = -5 \quad (5)$ <p>ขั้นที่ 4 นำสมการที่ (3) และสมการที่ (5) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนท์</p> $\begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -5 \end{bmatrix}$ $D = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 10 \end{vmatrix}$ $= (6 \times 10) - (4 \times 4)$ $= 60 - 16$ $= 44$ $I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 4 \\ -5 & 10 \end{vmatrix}}{D}$ $= \frac{(10 \times 10) - ((-5) \times 4)}{44}$ $= \frac{100 + 20}{44}$ $= 2.73$ $I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & 10 \\ 4 & -5 \end{vmatrix}}{D}$		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง
$= \frac{(6 \times (-5)) - (4 \times 10)}{44}$ $= \frac{-30 - 40}{44}$ $= -1.59$		
<p>ค่า <math>I_2</math> ได้ค่าเป็นลบแสดงว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่แท้จริงตรงข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่กำหนดไว้ ฉะนั้น</p>		
จะได้	$I_1 = 2.73 \text{ A}$	<u>ตอบ</u>
	$I_2 = -1.59 \text{ A}$	<u>ตอบ</u>
	$I_3 = I_1 + I_2$	
	$= 2.73 + (-1.59)$	
	$= 1.14 \text{ A}$	<u>ตอบ</u>
<p>ขั้นที่ 5 หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร</p>		
	$V_{R1} = I_{R1} \times R_1$	
	$= 2.73 \text{ A} \times 2 \Omega$	
	$= 5.46 \text{ V}$	<u>ตอบ</u>
	$V_{R2} = I_{R2} \times R_2$	
	$= -1.59 \text{ A} \times 6 \Omega$	
	$= -9.54 \text{ V}$	<u>ตอบ</u>
	$V_{R3} = I_{R3} \times R_3$	
	$= 1.44 \text{ A} \times 4 \Omega$	
	$= 5.76 \text{ V}$	<u>ตอบ</u>

	<b>ใบเนื้อหา</b>	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง

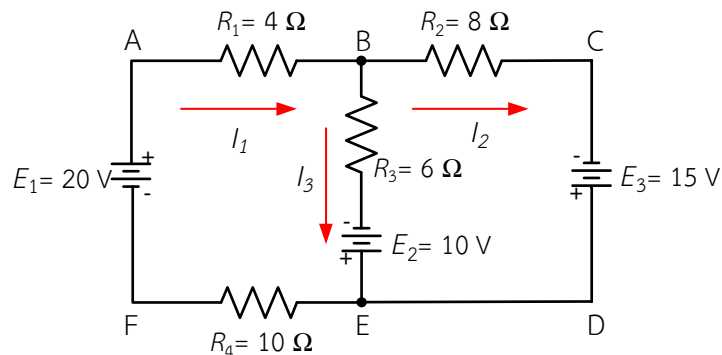
ตัวอย่างที่ 10.9 จากวงจรในรูปที่ 10.10 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัว



รูปที่ 10.10 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.9

#### วิธีทำ

ขั้นที่ 1 ตั้งชื่อลูปและกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาของวงจร ดังรูปที่ 10.11



รูปที่ 10.11 แสดงการตั้งชื่อลูป และกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า  
ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.7

ขั้นที่ 2 เขียนสมการกระแสไฟฟ้าตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะได้


$$I_1 = I_2 + I_3$$


หรือ  $I_3 = I_1 - I_2$  (1)

ขั้นที่ 3 เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์


พิจารณาลูป ABEFA จะได้

$$I_1 R_1 + I_3 R_3 + I_1 R_4 = E_2 + E_1$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมฆ	จำนวน 1 ชั่วโมง
<p style="text-align: center;"> <math display="block">4I_1 + 6I_3 + 10I_1 = 10 + 20 \quad (2)</math> </p> <p>นำสมการที่ (1) แทนลงใน สมการที่ (2) จะได้</p> $4I_1 + 6(I_1 - I_2) + 10I_1 = 30$ $4I_1 + 6I_1 - 6I_2 + 10I_1 = 30$ $20I_1 - 6I_2 = 30 \quad (3)$ <p style="text-align: center;">พิจารณาจุด <u>BCDEB</u> จะได้</p> $I_2R_2 - I_3R_3 = E_3 - E_2$ $8I_2 - 6I_3 = 15 - 10 \quad (4)$ <p>นำสมการที่ (1) แทนลงใน สมการที่ (4) จะได้</p> $8I_2 - 6(I_1 - I_2) = 5$ $8I_2 - 6I_1 + 6I_2 = 5$ $-6I_1 + 14I_2 = 5 \quad (5)$ <p>ขั้นที่ 4 นำสมการที่ (3) และสมการที่ (5) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนท์</p> $\begin{bmatrix} 20 & -6 \\ -6 & 14 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 30 \\ 5 \end{bmatrix}$ $D = \begin{vmatrix} 20 & -6 \\ -6 & 14 \end{vmatrix}$ $= (20 \times 14) - ((-6) \times (-6))$ $= 280 - 36$ $= 244$ $I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 30 & -6 \\ 5 & 14 \end{vmatrix}}{D}$		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช	จำนวน 1 ชั่วโมง
$= \frac{(30 \times 14) - (5 \times (-6))}{244}$ $= \frac{420 + 30}{244}$ $= 1.84$ $I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 20 & 30 \\ -6 & 5 \end{vmatrix}}{D}$ $= \frac{(20 \times 5) - ((-6) \times 30)}{244}$ $= \frac{100 + 180}{244}$ $= 1.15$ $I_1 = 1.84 \text{ A}$ $I_2 = 1.15 \text{ A}$ $I_3 = I_1 - I_2$ $= 1.84 - 1.15$ $= 0.69 \text{ A}$		
<p>ดังนั้น</p>		
<p>กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_1</math> และ <math>R_4 = I_1 = 1.84 \text{ A}</math></p>	<p><u>ตอบ</u></p>	
<p>กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_2 = I_2 = 1.15 \text{ A}</math></p>	<p><u>ตอบ</u></p>	
<p>กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน <math>R_3 = I_3 = 0.69 \text{ A}</math></p>	<p><u>ตอบ</u></p>	
<p>ขั้นที่ 5 หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร</p>		
$V_{R1} = I_{R1} \times R_1$		
$= 1.84 \text{ A} \times 4 \Omega$		
$= 7.36 \text{ V}$		
<p><u>ตอบ</u></p>		



	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 12
	หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมซ	จำนวน 1 ชั่วโมง
$V_{R2} = I_{R2} \times R_2$ $= 1.15 \text{ A} \times 8 \Omega$ $= 9.20 \text{ V} \quad \text{ตอบ}$ $V_{R3} = I_{R3} \times R_3$ $= 0.69 \text{ A} \times 6 \Omega$ $= 4.14 \text{ V} \quad \text{ตอบ}$ $V_{R4} = I_{R4} \times R_4$ $= 1.84 \text{ A} \times 10 \Omega$ $= 18.4 \text{ V} \quad \text{ตอบ}$		
<p><b>สรุป</b></p> <p>กฎของเคอร์ชอฟฟ์ใช้สำหรับแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่ค่อนข้างยุ่งยากและซับซ้อน กฎของเคอร์ชอฟฟ์มีกฎที่สำคัญสองกฎ คือ กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์กล่าวว่า ณ จุดใด ๆ ในวงจรไฟฟ้า ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออก กฎแรงดันไฟฟ้ากล่าวว่า ในวงจรไฟฟ้าปิดใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย นำทฤษฎีทั้งสองไปใช้ในการเขียนสมการโดยพิจารณาทีละลูป แล้วใช้ ดีเทอร์มิแนนต์แก้สมการ</p>		