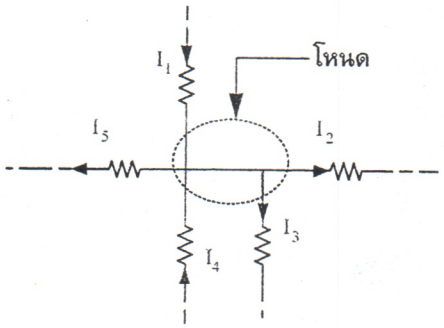
5/1

5 กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law ; KCL)

กฎของเคอร์ชอฟฟ์เป็นกฎที่พัฒนามาจากกฎของโอห์มเพื่อให้การวิเคราะห์วงจรง่ายขึ้น กฎของเคอร์ชอฟฟ์มี 2 กฎ คือ กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) และกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์จะเหมือนกับคุณสมบัติข้อที่ 3 ของวงจรขนาน ดังนั้นกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์จะนำไปวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าใดๆ เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าส่วนกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์จะเหมือนกับคุณสมบัติข้อที่ 3 ของวงจรอนุกรม ดังนั้นกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์จะนำไปวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าใดๆ เพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้า ในการนำกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ไปวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าจะต้องพิจารณาที่จุดต่อของวงจรไฟฟ้า ถ้าจุดต่อวงจรไฟฟ้ามีสาขาวงจรไฟฟ้าตั้งแต่ 2 สาขาขึ้นไป เราเรียกว่า โหนด (node)



รูปที่ 5.1

นิยาม

ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ผลรวมของกระแสไฟฟ้าทางพีชคณิตที่โหนดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าโหนดจะมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากโหนด พิจารณารูปที่ 5.1

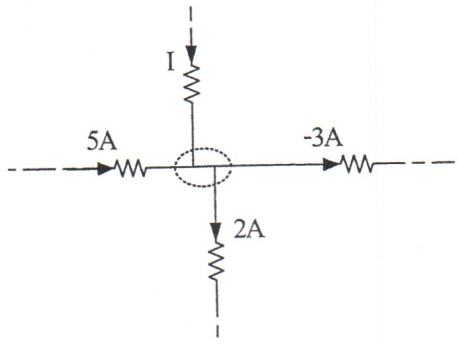
จากรูปที่ 5.1 เรากำหนดให้ I_1 และ I_4 ไหลเข้าโหนด และกำหนดให้ I_2, I_3, I_5 ไหลออกจากโหนด การเขียนสมการกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่โหนดใดๆ จะให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าโหนดมีค่าเป็นบวก (+) และกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากโหนดมีค่าลบ (-) ดังนั้นจากรูปที่ 5.1 เราสามารถเขียนสมการ KCL ได้ดังนี้

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0 \qquad (5.1)$$

หรือ $I_1 + I_4$ (ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าโหนด) $= I_2 + I_3 + I_5$ (ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกมาจากโหนด)

5/2

ตัวอย่างที่ 5.1 จงคำนวณหา I โดยใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2

วิธีทำ จากนิยามของกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ที่โหนดในวงจรไฟฟ้าเขียนสมการ KCL ได้ดังนี้

$$I_1 - I_2 - I_3 + I_4 - I_5 = 0$$

$$5 + I - (-3) - 2 = 0$$

$$I = -3 + 2 - 5$$

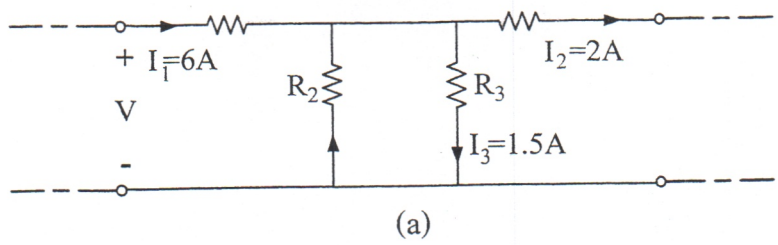
$$\therefore \quad I = -6\,A \qquad \textbf{ตอบ}$$

ค่ากระแสไฟฟ้ามีค่าติดลบแสดงว่ากระแสไฟฟ้าจริงจะไหลออกจากโหนด

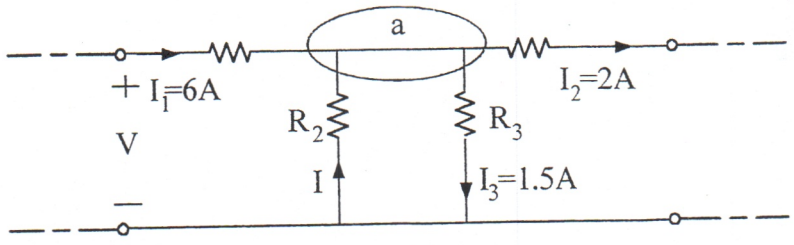
จากตัวอย่างที่ 5.1 จะเห็นว่าที่โหนดของวงจรไฟฟ้าไม่ได้กำหนดชื่อของโหนดเนื่องจากเราพิจารณาเพียงแค่จุดเดียว แต่ถ้าพิจารณาวงจรที่ซับซ้อนขึ้นจำเป็นจะต้องกำหนดชื่อของโหนดต่างๆ เพื่อให้การวิเคราะห์ได้สะดวกขึ้น ในการกำหนดชื่อของโหนดเราอาจจะใช้ตัวเลขอาระบิกหรือพยัญชนะภาษาอังกฤษก็ได้ ดังตัวอย่างต่อไปนี้

จากตัวอย่างที่ 5.1 จะเห็นว่าโจทย์กำหนดตัวแปรและทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ต้องการหาค่ามาให้ ถ้าโจทย์ไม่ได้กำหนดให้จะต้องกำหนดขึ้นเองเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการวิเคราะห์วงจร ในการกำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้าเราจะกำหนดให้มีทิศทางไหลเข้าโหนดหรือไหลออกจากโหนดก็ได้ ถ้าได้คำตอบมีค่าติดลบแสดงว่าทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงจะไหลตรงข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เรากำหนดขึ้น แต่ถ้าได้คำตอบมีค่าเป็นบวกแสดงว่าทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงจะมีทิศทางเดียวกันกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เรากำหนดขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 5.2 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 ในรูปที่ 5.3 (a)



(a)



(b)

รูปที่ 5.3

วิธีทำ กำหนดโหนด และทิศทางกระแสไฟฟ้าดังรูปที่ 5.3 (b)

จากรูปที่ 5.3 (b) ใช้ KCL ที่โหนด a; ดังนี้

$$I_1 + I - I_2 - I_3 = 0$$

แทนค่า $$I = -6 + 2 + 1.5$$

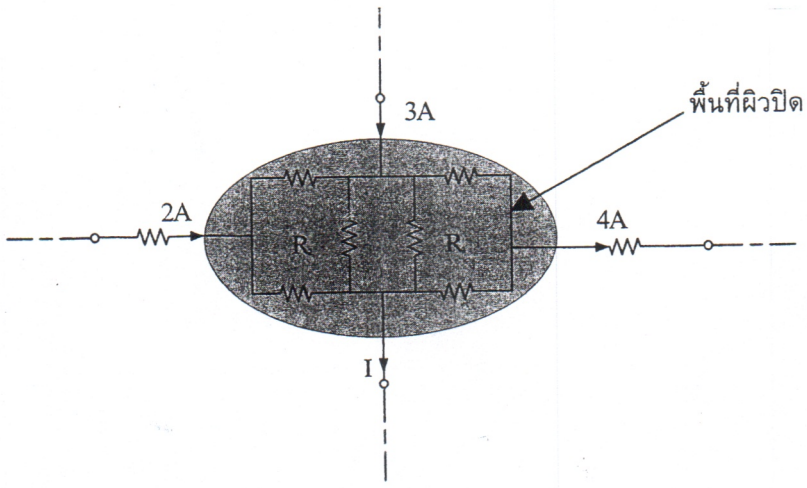
$$\therefore \quad I = -2.5 \text{ A}$$ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 5.3 จงใช้กฎของ KCL หาค่า I ในรูปที่ 5.4

วิธีทำ จากรูปที่ 5.4 พิจารณาบริเวณพื้นที่ผิวปิด ดังนี้

$$2 + 3 - I - 4 = 0$$

$$\therefore \quad I = +1 \text{ A}$$ **ตอบ**



รูปที่ 5.4

กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law)

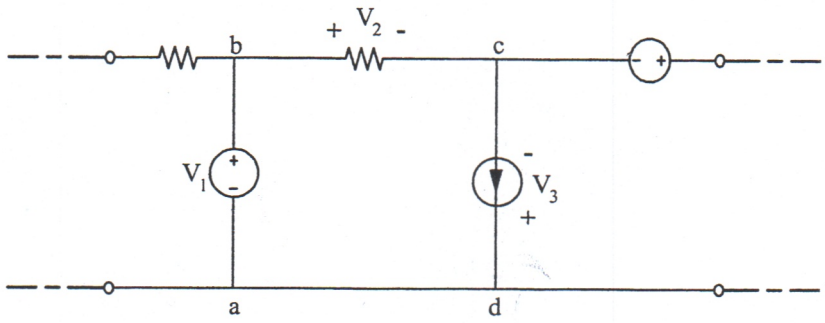
5/4

นิยาม

ในวงจรไฟฟ้าใดๆ ผลรวมของแรงดันทางพีชคณิตในวงจรปิดหรือลูปใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือผลรวมของแรงดันตกคร่อมอิลีเมนต์ (Element) แต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายพิจารณาวงจรรูปที่ 5.5

จากรูปที่ 5.5 พิจารณาวงจรปิดหรือลูป (Loop) คือ abcda สามารถเขียนสมการ KVL ในลูปดังนี้

$$-V_1 + V_2 - V_3 = 0 \qquad (5.2)$$



รูปที่ 5.5

จากสมการที่ 5.2 เขียนสมการ KVL ตามลูปที่มีทิศทางตามเข็มนาฬิกา ถ้าพิจารณาวงจรปิด adcda เขียนสมการ KVL ได้ดังนี้

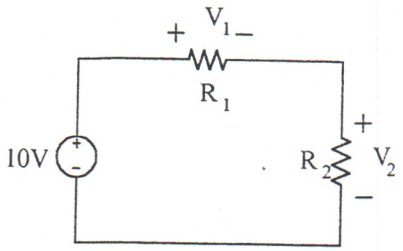
$$V_3 - V_2 + V_1 = 0 \qquad (5.3)$$

จากสมการที่ 5.3 เป็นการเขียนสมการตามลูปที่มีทิศทางทวนเข็มนาฬิกาไม่ว่าจะพิจารณาลูปที่มีทิศทางตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาจะได้คำตอบของสมการเหมือนกัน ถ้าในวงจรไม่ได้กำหนดลูปมาให้จะต้องกำหนดลูปเอาเองโดยใช้ตัวเลขหรือพยัญชนะภาษาอังกฤษ โดยขั้นตอนการนำ KVL ไปวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าดังนี้

1. กำหนดลูป
2. เขียนสมการ KVL ตามทิศทางลูป
3. แก้สมการ KVL

การวิเคราะห์วงจรโดยใช้ KVL ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 5.4 จงเขียนสมการ KVL ในวงจรรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.6

วิธีทำ พิจารณาลูปทิศทางตามเข็มนาฬิกาเขียนสมการ KVL โดยพิจารณาจุดเริ่มต้นที่ศักย์สูง (Rise) เขียนสมการได้ดังนี้

$$10 - V_1 - V_2 \quad = \quad 0$$

แต่ถ้าพิจารณาจุดเริ่มต้นที่ศักย์ต่ำ (Drop) เขียนสมการได้ดังนี้

$$-10 + V_1 + V_2 \quad = \quad 0$$

ถ้าพิจารณาลูปทิศทางทวนเข็มนาฬิกา เขียนสมการ KVL โดยพิจารณาจุดเริ่มต้นที่ศักย์สูง เขียนสมการได้ดังนี้

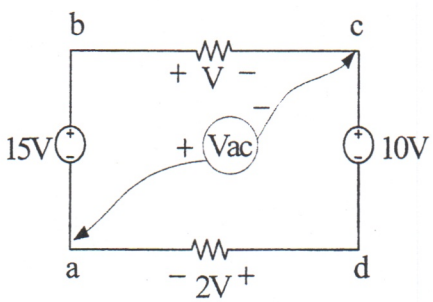
$$V_2 + V_1 - 10 \quad = \quad 0$$

หรือพิจารณาจุดเริ่มต้นที่ศักย์ต่ำ เขียนสมการ KVL ได้ดังนี้

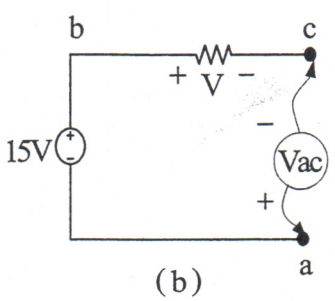
$$-V_2 - V_1 + 10 \quad = \quad 0$$

ตอบ

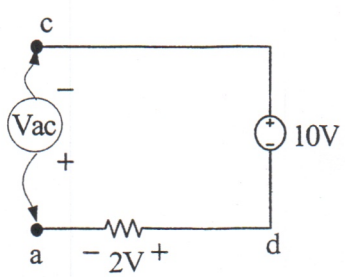
ตัวอย่างที่ 5.5 จงใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์คำนวณหา V และ Vac ในรูปที่ 5.7 (a)



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 5.7

5/6

วิธีทำ พิจารณาลูปตามเข็มนาฬิกา abcda เขียนสมการ KVL ได้ดังนี้

$$-15 + V + 10 + 2 = 0$$

หรือพิจารณาลูปทวนเข็มนาฬิกา adcba เขียนสมการ KVL ได้ดังนี้

$$-2 - 10 - V + 15 = 0$$

หรือพิจารณาลูปตามเข็มนาฬิกา bcdab เขียนสมการได้ดังนี้

$$V + 10 + 2 - 15 = 0$$

ทั้ง 3 สมการแทนค่าลงไปจะได้คำตอบเหมือนกัน คือ

$$V = 15 - 2 - 10 = 3\ V$$

หา Vac พิจารณาลูปทางด้านซ้ายมือได้ดังรูปที่ 5.7 (b) หรือพิจารณาลูปทางด้านขวามือดังรูปที่ 5.7 (c)

จากรูปที่ 5.7 (c) เขียนสมการ KVL ดังนี้

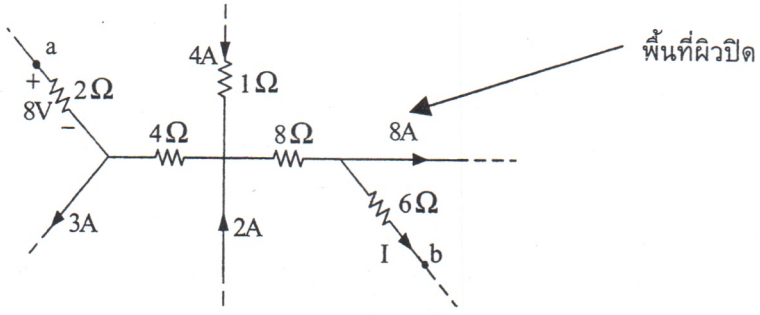
$$10\ V + 2\ V + Vac = 0$$

$$Vac = -10\ V - 2\ V$$

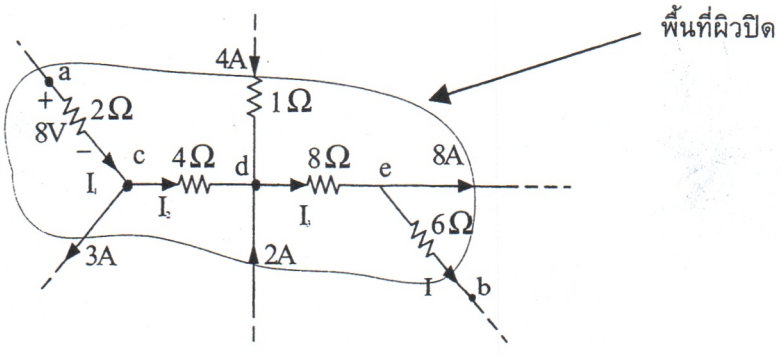
$$Vac = -12\ V$$ **ตอบ**

แสดงว่าความต่างศักย์ที่จุด a มีความต่างศักย์ต่ำกว่าที่จุด c ดังนั้น $Vca = 12\ V$

ตัวอย่างที่ 5.6 จงหา I และ Vab ในรูปที่ 5.8 (a)



(a)



(b)

รูปที่ 5.8

5/7

วิธีทำ กำหนดโหนดต่าง ๆ และกระแสไฟฟ้าในสาขาต่าง ๆ ดังรูปที่ 5.8 (b)

จากรูปที่ 5.8 (b) ใช้กฎของ KCL บริเวณพื้นที่ผิวปิดดังนี้

$$I_1 + 4 - 8 - I + 2 - 3 = 0$$

จากกฎของโอห์ม $I_1 = \frac{8V}{2\Omega} = 4\,A$

ดังนั้น $4 + 4 - 8 - I + 2 - 3 = 0$

$\therefore \quad I = -1\,A$

ที่โหนด c ใช้กฎของ KCL ดังนี้

$$I_1 - 3 - I_2 = 0$$

$\therefore \quad I_2 = 1\,A$

ที่โหนด d ใช้กฎของ KCL ดังนี้

$$4 + 2 - I_3 + I_2 = 0$$

$\therefore \quad I_3 = 7\,A$

หา Vab ใช้กฎของ KVL ดังนี้

$$Vab - 8 - V_{4\Omega} - V_{8\Omega} - V_{6\Omega} = 0$$

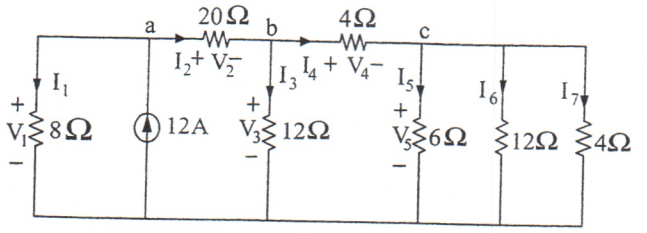
$\therefore \quad Vab = 8 + (4\Omega \times 1A) + (8\,\Omega + 7A) + (-1A \times 6\Omega)$

$= 8 + 4 + 56 - 6$

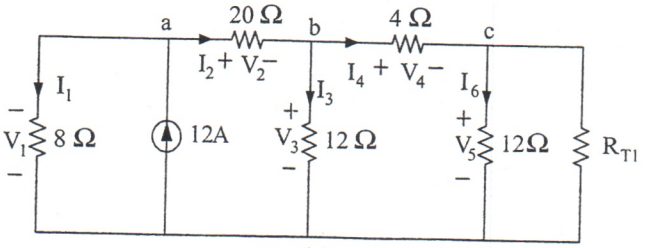
$= 62\,V$ **ตอบ**

ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าในกรณีวงจรขนาน เราสามารถใช้คุณสมบัติวงจรขนาน การแบ่งกระแสและกฎกระแสของเคอร์ซอฟฟ์ในการวิเคราะห์วงจร แต่ในวงจรอนุกรมเราสามารถใช้คุณสมบัติวงจรอนุกรมการแบ่งแรงดันและกฎแรงดันของเคอร์ซอฟฟ์วิเคราะห์วงจรได้ ส่วนในกรณีวงจรผสมจะต้องพิจารณาจากวงจร ส่วนใดที่ต่อแบบอนุกรมหรือต่อแบบขนานแล้วใช้ทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วหาค่าทางไฟฟ้าออกมา ดังตัวอย่างต่อไปนี้

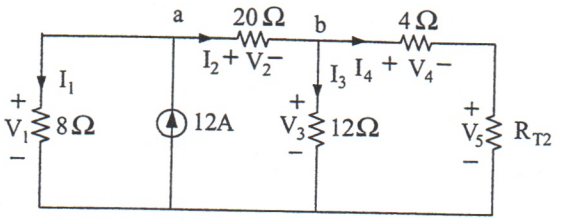
ตัวอย่างที่ 5.7 วงจรในรูปที่ 5.9 (a) จงหา I_1, I_2, I_3, I_4, I_5, I_6, I_7, V_1, V_2, V_3, V_4, V_5



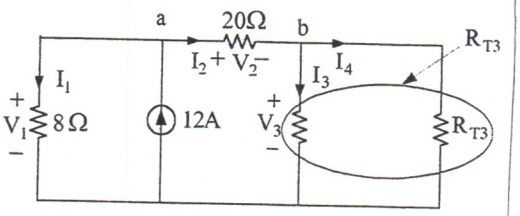
(a)



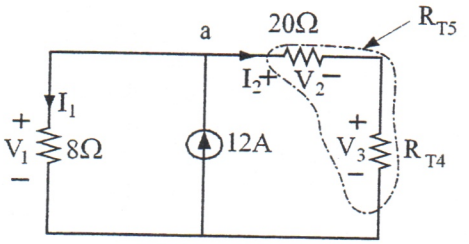
(b)

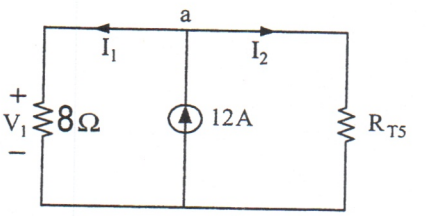


(c)



(d)





(f)

รูปที่ 5.9

วิธีทำ จากรูปที่ 5.9 (f) ใช้การแบ่งกระแส ดังนี้

$$I_1 = \frac{I \times R_{T5}}{8 + R_{T5}} = \frac{12A \times 24\Omega}{8\Omega + 24\Omega}$$

$$= 9\ A$$

$$V_1 = I_1 \times 8 = 9A \times 8\ \Omega$$

$$= 72\ V$$

และ $$I_2 = \frac{I \times 8}{8 + R_{T5}} = \frac{12A \times 8\Omega}{8\Omega + 24\Omega}$$

$$= 3\ A$$

หรือ $$I_2 = 12 - I_1 = 12A - 9A$$

$$= 3\ A$$

5/9

จากรูปที่ 5.9 (e) ใช้กฎของโอห์ม

$$V_2 = I_2 \times 20\Omega = 3\,A \times 20\Omega$$

$$= 60\ V$$

$$V_3 = I_2 \times R_{T4} = 3A \times 4\Omega$$

$$= 12\ V$$

หรือหา V_3 โดยใช้การแบ่งแรงดัน ดังนี้

$$V_3 = \frac{V_1 \times R_{T4}}{20\Omega + R_{T4}} = \frac{72V \times 4\Omega}{20\Omega + 4\Omega}$$

$$= 12\ V$$

จากรูปที่ 5.9 (d) ใช้กฎของโอห์ม

$$I_3 = \frac{V_3}{12} = \frac{12V}{12\Omega}$$

$$= 1\ A$$

จากกฎของ KCL ที่โหนด b;

$$I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$\therefore\ I_4 = I_2 - I_3 = 3A - 1A$$

$$= 2\ A$$

จากรูปที่ 5.9 (c) ใช้กฎของโอห์ม

$$V_4 = I_4 \times 4 = 2A \times 4\Omega$$

$$= 8\ V$$

$$V_5 = I_4 \times R_{T2} = 2A \times 2\,\Omega$$

$$= 4\ V$$

หรือการใช้แบ่งแรงดัน

$$V_5 = \frac{V_3 \times R_{T2}}{4 + R_{T2}} = \frac{12V \times 2\Omega}{4\Omega + 2\Omega} = 4\ V$$

หาค่า I_5 - I_7 โดยใช้กฎของโอห์ม ดังนี้

$$I_5 = \frac{V_5}{6\Omega} = \frac{4V}{6\Omega}$$

$$= 0.666A$$

$$I_6 = \frac{V_5}{12\Omega} = \frac{4V}{12\Omega}$$

$$= 0.333A$$

$$I_7 = \frac{V_5}{4\Omega} = \frac{4V}{4\Omega}$$

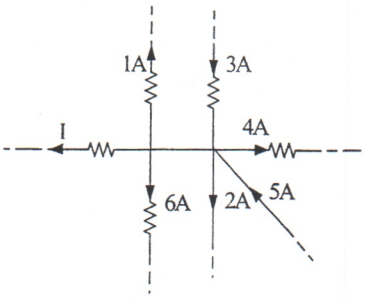
$$= 1A$$

ตอบ

แบบประเมินผลการเรียนรู้ หน่วยที่ 5

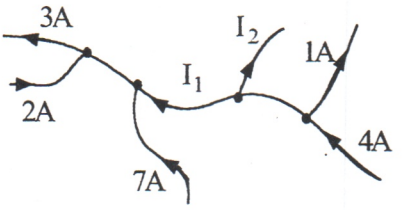
5/10

1. จากรูปด้านล่าง จงหา I



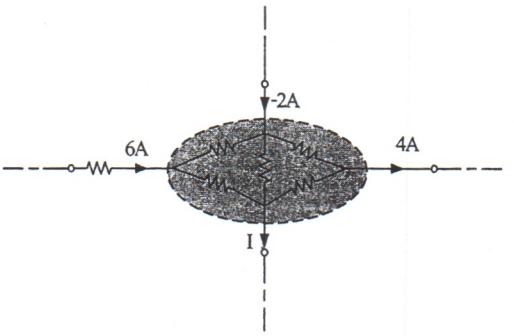
.....

2. จากรูปด้านล่าง จงหา I_1 และ I_2



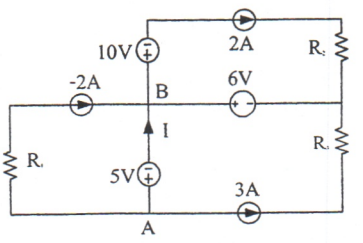
.....

3. จากรูปด้านล่าง จงหา I



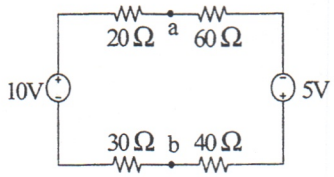
.....

4. วงจรในรูปด้านล่าง จงหากำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย 5 V



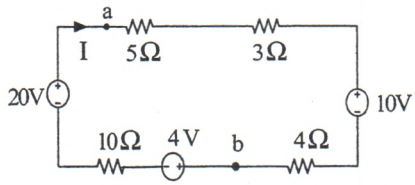
.....

5. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา Vab และกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย 5 V



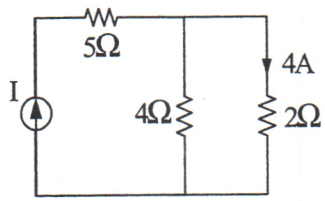
.....

6. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I และ Vab



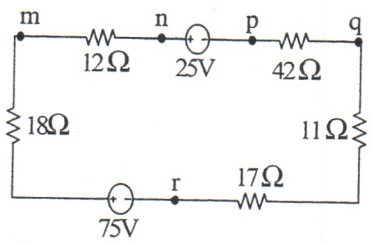
.....

7. วงจรในรูปด้านล่าง จงหากำลังไฟฟ้าแหล่งจ่าย



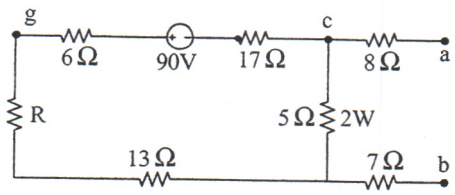
.....

8. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I และ V



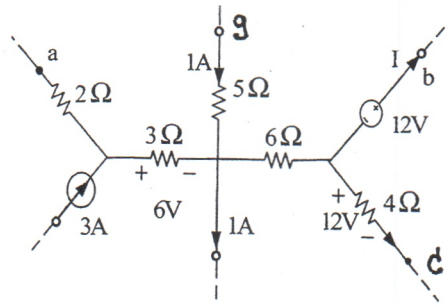
.....

9. จงคำนวณหา I และ Vab จากรูปด้านล่าง



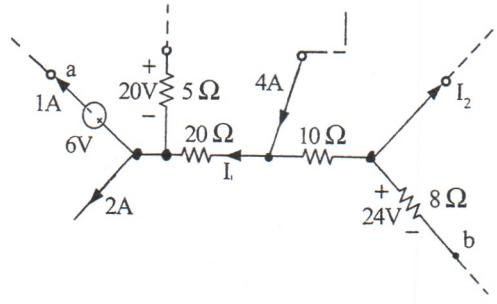
.....

10. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา Vab และ Vgc 5/12



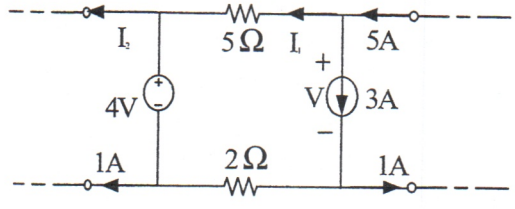
.....

11. จงคำนวณหา I_1, I_2 และ Vab จากรูปด้านล่าง



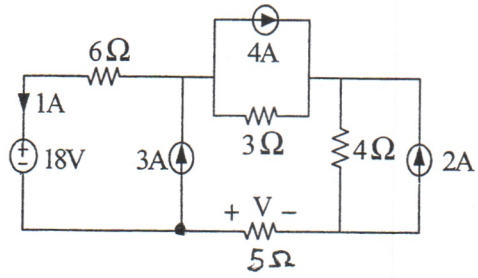
.....

12. จงคำนวณหา I_1, I_2 และ V จากรูปด้านล่าง



.....

13. จงคำนวณหา V จากรูปด้านล่าง



.....