

แบบทดสอบก่อนเรียน

หน่วยที่ 5 วิธีกระแสเมฆ

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ข้อ

1. ขั้นตอนแรก ของวิธีกระแสเมฆ คือข้อใด

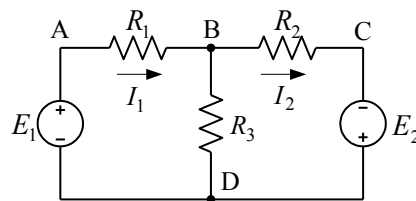
ก. ระบุเครื่องชี้แรงดัน

ข. กำหนดทิศทางของกระแสไหลวน

ค. เขียนสมการ KVL ในแต่ละลูป

ง. แก้สมการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

จากวงจรในรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 2 – 3



รูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 2 – 3

2. ชั่วแรงดันตกคร่อม R_1 , R_2 เป็นข้อใด

ก. ที่ R_1 บวกจุด A ลบจุด B ที่ R_2 บวกจุด B ลบจุด C

ข. ที่ R_1 บวกจุด B ลบจุด A ที่ R_2 บวกจุด B ลบจุด C

ค. ที่ R_1 บวกจุด A ลบจุด B ที่ R_2 บวกจุด C ลบจุด B

ง. ที่ R_1 บวกจุด B ลบจุด A ที่ R_2 บวกจุด C ลบจุด B

3. วงรอบปิด ลูป I_2 คือข้อใด

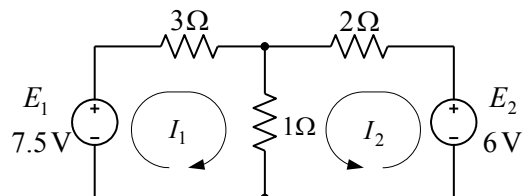
ก. ABCD

ข. BCDA

ค. BCDB

ง. ABDA

จากวงจรในรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 4 – 6



รูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 4 – 6

4. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

ก. 1 A

ข. 1.5 A

ค. 2 A

ง. 3 A

5. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

ก. 1 A

ข. 1.5 A

ค. 2 A

ง. 3 A

6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 1Ω มีค่าเท่าใด

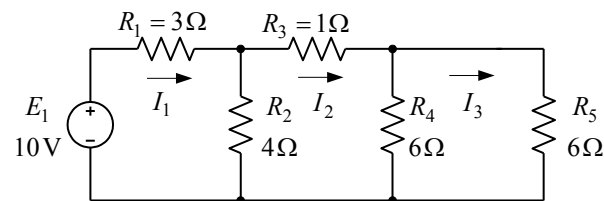
ก. 1 A

ข. 1.5 A

ค. 2 A

ง. 3 A

จากวงจรในรูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถามข้อ 7 – 10



รูปที่ 3 วงจรสำหรับคำถามข้อ 7 – 10

7. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

ก. 1 A

ข. 0.5 A

ค. 2 A

ง. 3 A

8. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

ก. 1 A

ข. 0.5 A

ค. 2 A

ง. 3 A

9. กระแสไฟฟ้า I_3 มีค่าเท่าใด

ก. 1 A

ข. 0.5 A

ค. 2 A

ง. 3 A

10. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานค่า 1Ω มีค่าเท่าใด

ก. 5 V

ข. 3 V

ค. 1 V

ง. 2 V

หน่วยที่ 5 วิธีกระแสเมฆ

สาระสำคัญ

วิธีกระแสเมฆ เป็นเทคนิคการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีหลายลูป โดยอาศัยกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ขั้นตอนที่สำคัญ คือ การกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าที่ตกร่อม และทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน อุปกรณ์หรือโหลด ทุกตัว การกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้านี้ อยู่ในรูปของ ลูปกระแส (loop current) เสร็จแล้วเขียนสมการ KVL ออกมาแล้วทำการแก้ระบบสมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์และเมทริกซ์

เนื้อหาสาระ

- 5.1 วิธีกระแสเมฆ
- 5.2 การเขียนสมการ KVL ในวงจรไฟฟ้าที่มากกว่า 1 ลูป
- 5.3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วย วิธีกระแสเมฆ

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้และเข้าใจในเรื่อง :

- 5.1 วิธีกระแสเมฆ
- 5.2 การเขียนสมการ KVL ในวงจรไฟฟ้าที่มากกว่า 1 ลูป
- 5.3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วย วิธีกระแสเมฆ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม หลังจากเรียนจบหน่วยเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนควรมีความสามารถดังนี้

- 5.1 อธิบายขั้นตอนของ วิธีกระแสเมฆ ได้
- 5.2 เขียนสมการ KVL ในวงจรไฟฟ้าที่มากกว่า 1 ลูป ได้
- 5.3 นำวิธีกระแสเมฆไป วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า ได้

หน่วยที่ 5 วิธีกระแสเมช

วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ออนุกรมกัน หรือแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต่อขนานกัน สามารถลดให้เหลือเพียงแหล่งจ่ายเดียวได้ แต่ในบางครั้งแหล่งจ่ายไฟฟ้าในวงจรไม่ได้ต่ออนุกรม หรือ ขนานกัน จะใช้วิธีรวมแหล่งจ่ายเข้าด้วยกันไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องมี วิธีพิเศษที่นอกเหนือจากที่ได้ศึกษา มาแล้ว มาใช้วิเคราะห์วงจรในลักษณะนี้ นั่นก็คือ วิธีกระแสเมช (Mesh Current Method)

5.1 วิธีกระแสเมช (Mesh Current Method)

วิธีกระแสเมชจะกำหนดให้ในวงจรปิดใดๆ หนึ่งวงจรปิด หรือหนึ่ง ลูป(loop) จะสมมติให้มี กระแสไหลจำนวนหนึ่งและจะสมมติทิศทางของกระแสไหลไปทิศทางใดก็ได้ โดยค่ากระแสแต่ละ วงจรปิดจะเป็นอิสระต่อกัน

ขั้นตอนการใช้วิธีกระแสเมช

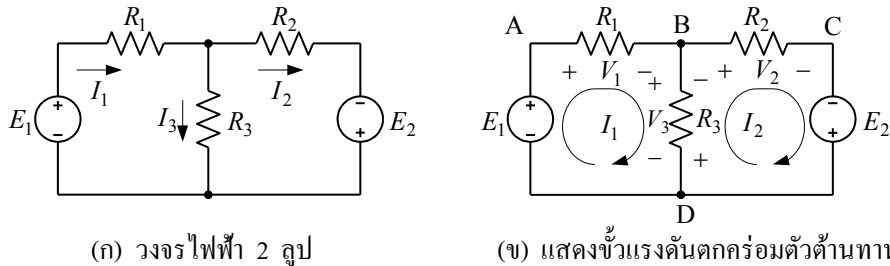
1. กำหนดทิศทางของกระแสไหลวน(loop current) ในแต่ละลูปวงจร พร้อมทั้งกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ให้ครบวงจรปิด ซึ่งจะกำหนดให้กระแสไฟฟ้า ไหลในทิศทางใดก็ได้
 2. ระบุเครื่องหมายขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน หรือ โหลด ในแต่ละ ลูป เพื่อพิจารณาทิศทางของ กระแสในแต่ละลูป ถ้าตัวต้านทานหรือโหลดตัวใดตัวหนึ่ง มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 2 ลูป (ไม่ว่าทิศทางสวนกันหรือตามกัน) จะเกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่โหลดหรือตัวต้านทานนั้น 2 ค่า
 3. เขียนสมการ KVL ในแต่ละ ลูป
 4. แก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า โดยวิธีดีเทอร์มิแนนต์และกฎของคราเมอร์
- ถ้ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้ออกมาเป็นลบ หมายความว่าทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหล ตรงข้ามกับ ที่สมมติ

การเขียนสมการ KVL ในแต่ละลูป มีรายละเอียดปลีกย่อยดังนี้

- 1) กรณีที่โหลดหรือตัวต้านทานมีทิศทาง กระแสในลูป ตรงข้ามกัน(ไหลสวนทางกัน)
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวนั้นเท่ากับ ผลต่างของกระแสไฟฟ้าทั้ง 2 ที่ไหลผ่าน
คูณกับค่าความต้านทานตัวนั้น
- 2) กรณีที่โหลดหรือตัวต้านทานมีทิศทาง กระแสในลูป ตามกัน(ไหลไปทางเดียวกัน)
แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวนั้นเท่ากับ ผลบวกของกระแสไฟฟ้าทั้ง 2 ที่ไหลผ่าน
คูณกับค่าความต้านทานตัวนั้น
- 3) ถ้าวางปิด หรือลูปใด ไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้า ส่วนของสมการที่แสดงค่าแรงดันจะเท่ากับ 0

5.2 การเขียนสมการ KVL ในวงจรที่มีมากกว่า 1 ลูป

ในหน่วยที่ 4 นักเรียนได้ศึกษาการเขียนสมการ KVL มาแล้ว แต่เป็นการเขียนสมการ KVL จากวงจรไฟฟ้าลูปเดียว หรือ 2 ลูป แต่แยกกันพิจารณา ในหน่วยนี้ นักเรียนจะได้ศึกษา การเขียนสมการ KVL จากวงจรไฟฟ้าที่มีมากกว่า 1 ลูป หลักการยังคงเหมือนเดิม เพียงแต่เพิ่มรายละเอียดเข้ามาอีกเล็กน้อย พิจารณารูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 วงจรสำหรับการวิเคราะห์การเขียนสมการ KVL

จากขั้นตอนการใช้วิธีกระแสเมฆ ที่กล่าวมาแล้ว รายละเอียดการใช้วิธีกระแสเมฆ ดังนี้
 ขั้นตอน (1) กำหนดทิศทางของกระแสไหลวน(loop current) ในแต่ละลูปวงจร ดังรูปที่ 5.1 (ข)
 ขั้นตอน (2) ระบุเครื่องหมายขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน แต่ละตัว ดังรูปที่ 5.1 (ข)
 ขั้นตอน (3) เขียนสมการ KVL ในแต่ละ ลูป

เขียนสมการ KVL ลูป ABDA : $+V_1 + V_3 - E_1 = 0$

ใช้กฎของโอห์ม $V_1 = I_1 R_1$ และที่ R_3 กระแส I_1 และ I_2 ไหลสวนทางกัน ขณะนี้กำลังพิจารณา ลูปของ I_1 ดังนั้น เครื่องของ I_1 จะเป็นบวก และ I_2 เป็นลบ จะได้

$$I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_3 = E_1$$

$$\text{หรือ } I_1 (R_1 + R_3) - I_2 R_3 = E_1 \quad \dots\dots\dots(1)$$

เขียนสมการ KVL ลูป BCDB : $+V_2 - E_2 + V_3 = 0$

ใช้กฎของโอห์ม $V_2 = I_2 R_2$ และที่ R_3 กระแส I_1 และ I_2 ไหลสวนทางกัน ขณะนี้กำลังพิจารณา ลูปของ I_2 ดังนั้น เครื่องของ I_2 จะเป็นบวก และ I_1 เป็นลบ จะได้

$$I_2 R_2 + (I_2 - I_1) R_3 = E_2$$

$$\text{หรือ } -I_1 R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2 \quad \dots\dots\dots(2)$$

แทนค่า ตัวแปร แรงดัน และ ค่าความต้านทาน แล้วเขียนสมการใหม่

ขั้นตอน (4) แก้สมการหา ค่า I_1 และ I_2 โดยวิธีดีเทอร์มิแนนต์และกฎของคราเมอร์

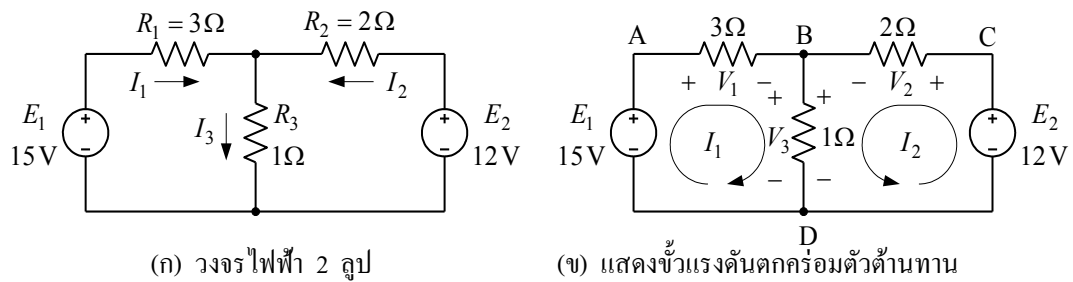
นำ สมการ (1) และ (2) มาเขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} (R_1 + R_3) & -R_3 \\ -R_3 & (R_2 + R_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} E_1 \\ E_2 \end{bmatrix}$$

5.3 การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าด้วย วิธีกระแสเมฆ

การใช้วิธีกระแสเมฆ วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า สามารถใช้วิเคราะห์หาได้ ทั้ง แรงดันและ กระแสไฟฟ้า รวมทั้ง กำลังงาน ในตัวโหลด นั้นๆ ด้วย โดยใช้ร่วมกับ กฎของโอห์ม และหลักการของ วงจรไฟฟ้าอื่นๆ ดังตัวอย่าง ที่นักเรียนจะได้ศึกษาต่อไป

ตัวอย่างที่ 5.1 จากวงจรรูปที่ 5.2 (ก) จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวด้วยวิธีเมฆ



(ก) วงจรไฟฟ้า 2 ลูป

(ข) แสดงขั้วแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

รูปที่ 5.2 วงจรสำหรับตัวอย่างที่ 5.1

วิธีทำ ขั้นตอน(1)-(2) กำหนดลูปกระแส I_1 และลูปกระแส I_2 ให้มีทิศทางการไหลของแหล่งจ่ายแรงดัน (ออกจากขั้วบวกเข้าหาขั้วลบ) ทั้ง 2 ลูป และกำหนดขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน ดังรูปที่ 5.2 (ข)

ขั้นตอน (3) เขียนสมการ KVL ลูป ABDA : $+V_1 + V_3 - 15\text{ V} = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $3\Omega I_1 + 1\Omega(I_1 + I_2) = 15\text{ V}$

ที่ R_3 กระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ไหลผ่านในทิศทางเดียวกัน

$$\text{ดังนั้น} \quad 4I_1 + I_2 = 15\text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

เขียนสมการ KVL ลูป BCDB : $+V_2 + V_3 - 12\text{ V} = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $1\Omega(I_1 + I_2) + 2\Omega I_2 = 12\text{ V}$

ที่ R_3 เช่นเดียวกับลูป 1 กระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ไหลผ่านในทิศทางเดียวกัน

$$I_1 + 3I_2 = 12\text{ V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ขั้นตอน (4) แก้ระบบสมการโดยใช้กฎของคราเมอร์

นำ สมการ (1) และ (2) มาเขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ 12 \end{bmatrix}$$

$$(4.1) \text{ คำนวณหาค่า } \Delta : \Delta = \begin{vmatrix} 4 & 1 \\ 1 & 3 \end{vmatrix} = + (4)(3) - (1)(1) = 12 - 1 = 11$$

$$(4.2) \text{ หากระแส } \Delta I_1 : \Delta I_1 = \begin{vmatrix} 15 & 1 \\ 12 & 3 \end{vmatrix} = + (15)(3) - (12)(1) = 45 - 12 = 33$$

$$(4.3) \text{ หากระแส } \Delta I_2 : \Delta I_2 = \begin{vmatrix} 4 & 15 \\ 1 & 12 \end{vmatrix} = + (4)(12) - (1)(15) = 48 - 15 = 33$$

(4.4) หา I_1 และ I_2

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{33}{11} = 3 \text{ A}$$

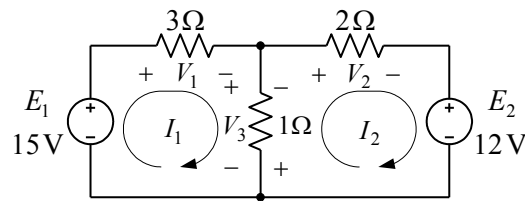
$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{33}{11} = 3 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 3 โอห์ม คือ $I_1 = 3 \text{ A}$ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 2 โอห์ม คือ $I_2 = 3 \text{ A}$ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 1 โอห์ม คือ $I_1 + I_2 = 3 \text{ A} + 3 \text{ A} = 6 \text{ A}$ **ตอบ**

อีกกรณี ถ้านักเรียนกำหนดให้ ทิศทางลูปกระแสไปในทิศทางเดียวกัน ดังรูปที่ 5.2 (ค)



รูปที่ 5.2 (ค) วงจรสำหรับตัวอย่างที่ 5.1 ที่กำหนดทิศทางลูปกระแสไปทางเดียวกัน(จากซ้ายไปขวา)

เขียนสมการ KVL ลูป(1) : $+V_1 + V_3 - 15 \text{ V} = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $3\Omega I_1 + 1\Omega(I_1 - I_2) = 15 \text{ V}$

ขณะนี้พิจารณา ลูป I_1 ทิศทางของ I_1 และ I_2 ไหลสวนทางกัน ทิศทางของ I_2 จึงเป็นลบ
ดังนั้น $4I_1 - I_2 = 15 \text{ V}$ (3)

เขียนสมการ KVL ลูป (2) : $+V_2 + 12 \text{ V} + V_3 = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $2\Omega I_2 + 1\Omega(I_2 - I_1) = -12 \text{ V}$

ขณะนี้พิจารณา ลูป I_2 ทิศทางของ I_1 และ I_2 ไหลสวนทางกัน ทิศทางของ I_1 จึงเป็นลบ
 $-I_1 + 3I_2 = -12 \text{ V}$ (4)

แก้ระบบสมการโดยใช้กฎของคราเมอร์

นำ สมการ (3) และ (4) มาเขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 4 & -1 \\ -1 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15 \\ -12 \end{bmatrix}$$

คำนวณหาค่า Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 4 & -1 \\ -1 & 3 \end{vmatrix} = +(4)(3) - (-1)(-1) = 12 - 1 = 11$

หากระแส ΔI_1 : $\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 15 & -1 \\ -12 & 3 \end{vmatrix} = +(15)(3) - (-12)(-1) = 45 - 12 = 33$

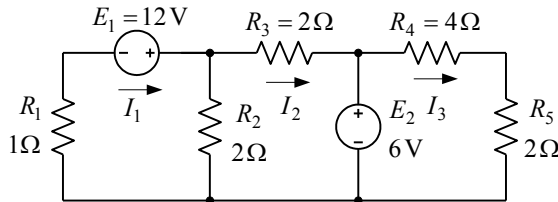
หากระแส ΔI_2 : $\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 4 & 15 \\ -1 & -12 \end{vmatrix} = +(4)(-12) - (-1)(15) = -48 + 15 = -33$

หา I_1 และ I_2 : $I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{33}{11} = 3 \text{ A}$

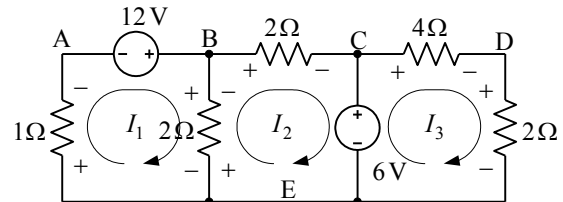
$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{-33}{11} = -3 \text{ A}$$

จะพบว่า I_2 มีค่าเป็นลบ แสดงว่ากำหนดทิศทาง I_2 ตรงข้ามกับความจริง ดังนั้นถ้านักเรียนกำหนดทิศทางของกระแสโดยพิจารณาจากขั้วของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า(ออกจากขั้วบวกเข้าขั้วลบ) ตามตัวอย่างที่ 5.2 (ข) จะได้ค่ากระแสไฟฟ้าเป็นค่าบวก

ตัวอย่างที่ 5.2 จากวงจรในรูปที่ 5.3 จงหาค่ากระแสที่ไหลในแต่ละลูป ด้วยวิธีกระแสเมตริกซ์



(ก) วงจรไฟฟ้า 3 ลูป



(ข) แสดงขั้วแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

รูปที่ 5.3 วงจรสำหรับตัวอย่างที่ 5.2

วิธีทำ กำหนดให้ V_1 เป็นแรงดันตกคร่อม R_1 V_2 เป็นแรงดันตกคร่อม R_2 และตัวอื่นๆ ตามลำดับ

ขั้นตอน(1)–(2) กำหนดทิศทางกระแส I_1, I_2, I_3 และขั้วแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน ดังรูปที่ 5.3 (ข)

ขั้นตอน (3) ใช้ KVL เขียนสมการรอบวงปิด

เขียนสมการ KVL ลูป ABEA : $-12\text{V} + V_2 + V_1 = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $2\Omega(I_1 - I_2) + 1\Omega I_1 = 12\text{V}$
 $3I_1 - 2I_2 + 0I_3 = 12\text{V}$ (1)

เขียนสมการ KVL ลูป BCEB : $+V_3 + 6\text{V} + V_2 = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $2\Omega I_2 + 2\Omega(I_2 - I_1) = -6\text{V}$
 $-2I_1 + 4I_2 + 0I_3 = -6\text{V}$ (2)

เขียนสมการ KVL ลูป CDEC : $+V_4 + V_5 - 6\text{V} = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $6\Omega I_3 = 6\text{V}$
 $+0I_1 + 0I_2 + 6I_3 = 6\text{V}$ (3)

ขั้นตอน(4) นำสมการ (1), (2), (3) มาเขียนให้อยู่ในรูปสมการเมตริกซ์

$$\begin{bmatrix} 3 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ -6 \\ 6 \end{bmatrix}$$

(4.1) คำนวณหาค่า Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{vmatrix}$ เลือกแถวที่ 3

$$\Delta = \begin{vmatrix} 3 & -2 & 0 \\ -2 & 4 & 0 \\ 0 & 0 & 6 \end{vmatrix} = + (0) - (0) + (6) \begin{vmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = + (6) [+ (3)(4) - (-2)(-2)]$$

$$\Delta = + (6)[+(12)-(4)]$$

$$\Delta = (6)(8) = 48$$

(4.2) หากกระแส ΔI_1 : $\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 12 & -2 & 0 \\ -6 & 4 & 0 \\ 6 & 0 & 6 \end{vmatrix}$ เลือกหลักที่ 3

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 12 & -2 & 0 \\ -6 & 4 & 0 \\ 6 & 0 & 6 \end{vmatrix} = + (0) - (0) + (6) \begin{vmatrix} 12 & -2 \\ -6 & 4 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_1 = + (6)[+(12)(4) - (-6)(-2)]$$

$$\Delta I_1 = + (6)[+(48) - (12)]$$

$$\Delta I_1 = (6)(36) = 216$$

(4.3) หากกระแส ΔI_2 : $\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 3 & 12 & 0 \\ -2 & -6 & 0 \\ 0 & 6 & 6 \end{vmatrix}$ เลือกหลักที่ 3

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 3 & 12 & 0 \\ -2 & -6 & 0 \\ 0 & 6 & 6 \end{vmatrix} = + (0) - (0) + (6) \begin{vmatrix} 3 & 12 \\ -2 & -6 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_2 = + (6)[+(3)(-6) - (-2)(12)]$$

$$\Delta I_2 = + (6)[+(-18) - (-24)]$$

$$\Delta I_2 = (6)(-18 + 24) = (6)(6) = 36$$

(4.4) หากกระแส ΔI_3 : $\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 3 & -2 & 12 \\ -2 & 4 & -6 \\ 0 & 0 & 6 \end{vmatrix}$ เลือกแถวที่ 3

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 3 & -2 & 12 \\ -2 & 4 & -6 \\ 0 & 0 & 6 \end{vmatrix} = + (0) - (0) + (6) \begin{vmatrix} 3 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_3 = + (6)[+(3)(4) - (-2)(-2)]$$

$$\Delta I_3 = + (6)[+(12) - (4)]$$

$$\Delta I_3 = (6)(8) = 48$$

(4.5) หา I_1, I_2 และ I_3

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{216}{48} = 4.5 \text{ A}$$

.....ตอบ

$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{36}{48} = 0.75 \text{ A}$$

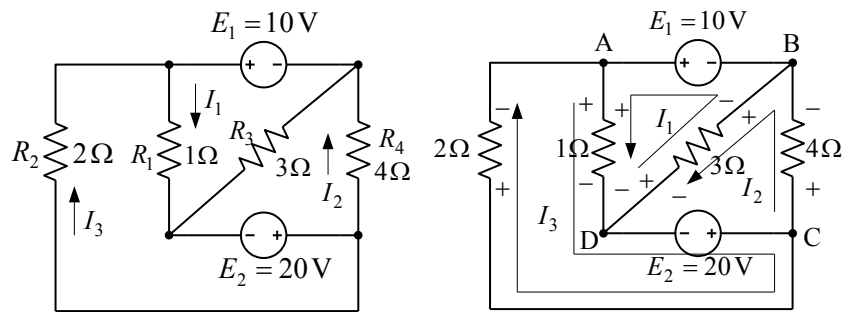
.....ตอบ

$$I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{48}{48} = 1 \text{ A}$$

.....ตอบ

จากตัวอย่างที่ 5.2 นี้ จะพบว่า ลูป I_2 ไม่ได้กำหนดทิศทางกระแสตามแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 6 V แต่ก็ได้ค่ากระแสเป็น บวก เป็นเพราะว่า ลูป I_2 ได้รับอิทธิพล จาก แรงดันไฟฟ้า 12 V ซึ่งมีค่าสูงกว่า แรงดันไฟฟ้า 6 V

ตัวอย่างที่ 5.3 จากวงจรในรูปที่ 5.4 จงหาค่ากระแสที่ไหลในแต่ละลูป ด้วยวิธีกระแสเมช และหา กำลังงานที่ตัวต้านทาน R_2



(ก) วงจรไฟฟ้า 3 ลูป (ข) แสดงขั้วแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน
รูปที่ 5.4 วงจรสำหรับตัวอย่างที่ 5.3

วิธีทำ กำหนดให้ V_1 เป็นแรงดันตกคร่อม R_1 , V_2 เป็นแรงดันตกคร่อม R_2 และตัวอื่นๆ ตามลำดับ
ขั้นตอน(1),(2) กำหนดทิศทางกระแส และขั้วแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานดังรูปที่ 5.4 (ข)

ขั้นตอน (3) ใช้ KVL เขียนสมการรอบวงปิด

เขียนสมการ KVL ลูป ADBA : $+V_{R_1} + V_{R_3} - 10V = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $1\Omega(I_1 + I_3) + 3\Omega(I_1 - I_2) = 10V$
 $4I_1 - 3I_2 + I_3 = 10V \dots\dots\dots(1)$

เขียนสมการ KVL ลูป CBDC : $+V_{R_4} + V_{R_3} - 20V = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $4\Omega I_2 + 3\Omega(I_2 - I_1) = 20V$
 $-3I_1 + 7I_2 + 0I_3 = 20V \dots\dots\dots(2)$

เขียนสมการ KVL ลูป CADC : $+V_{R_2} + V_{R_1} - 20V = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ $2\Omega I_3 + 1\Omega(I_1 + I_3) = 20V$
 $I_1 + 0I_2 + 3I_3 = 20V \dots\dots\dots(3)$

ขั้นตอน(4) นำสมการ (1), (2), (3) มาเขียนให้อยู่ในรูปสมการเมตริกซ์

$$\begin{bmatrix} 4 & -3 & 1 \\ -3 & 7 & 0 \\ 1 & 0 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 20 \\ 20 \end{bmatrix}$$

(4.1) หาค่า Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 4 & -3 & 1 \\ -3 & 7 & 0 \\ 1 & 0 & 3 \end{vmatrix}$ เลือกแถวที่ 3

$$\Delta = \begin{vmatrix} 4 & -3 & 1 \\ -3 & 7 & 0 \\ 1 & 0 & 3 \end{vmatrix} = + (1) \begin{vmatrix} -3 & 1 \\ 7 & 0 \end{vmatrix} - (0) + (3) \begin{vmatrix} 4 & -3 \\ -3 & 7 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = + (1)[+(-3)(0) - (7)(1)] + (3)[+(4)(7) - (-3)(-3)]$$

$$\Delta = + (1)[+(0) - (7)] + (3)[+(28) - (9)]$$

$$\Delta = + (1)(-7) + (3)(19)$$

$$\Delta = -7 + 57 = 50$$

(4.2) หา ΔI_1 :

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 10 & -3 & 1 \\ 20 & 7 & 0 \\ 20 & 0 & 3 \end{vmatrix} \quad \text{เลือกหลักที่ 3}$$

$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 10 & -3 & 1 \\ 20 & 7 & 0 \\ 20 & 0 & 3 \end{vmatrix} = + (1) \begin{vmatrix} 20 & 7 \\ 20 & 0 \end{vmatrix} - (0) + (3) \begin{vmatrix} 10 & -3 \\ 20 & 7 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_1 = + (1)[+(20)(0) - (20)(7)] + (3)[+(10)(7) - (20)(-3)]$$

$$\Delta I_1 = + (1)(-140) + (3)(70 + 60)$$

$$\Delta I_1 = -140 + 390 = 250$$

(4.3) หา ΔI_2 :

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 4 & 10 & 1 \\ -3 & 20 & 0 \\ 1 & 20 & 3 \end{vmatrix} \quad \text{เลือกหลักที่ 3}$$

$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 4 & 10 & 1 \\ -3 & 20 & 0 \\ 1 & 20 & 3 \end{vmatrix} = + (1) \begin{vmatrix} -3 & 20 \\ 1 & 20 \end{vmatrix} - (0) + (3) \begin{vmatrix} 4 & 10 \\ -3 & 20 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_2 = + (1)[+(-3)(20) - (1)(20)] + (3)[+(4)(20) - (-3)(10)]$$

$$\Delta I_2 = + (1)[+(-60) - (20)] + (3)[+(80) - (-30)]$$

$$\Delta I_2 = + (1)(-80) + (3)(110)$$

$$\Delta I_2 = -80 + 330 = 250$$

(4.4) หา ΔI_3 :

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 4 & -3 & 10 \\ -3 & 7 & 20 \\ 1 & 0 & 20 \end{vmatrix} \quad \text{เลือกแถวที่ 3}$$

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 4 & -3 & 10 \\ -3 & 7 & 20 \\ 1 & 0 & 20 \end{vmatrix} + (1) \begin{vmatrix} -3 & 10 \\ 7 & 20 \end{vmatrix} - (0) + (20) \begin{vmatrix} 4 & -3 \\ -3 & 7 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_3 = + (1)[+(-3)(20) - (7)(10)] + (20)[+(4)(7) - (-3)(-3)]$$

$$\Delta I_3 = + (1)[+(-60) - (70)] + (20)[+(28) - (9)]$$

$$\Delta I_3 = + (1)(-130) + (20)(19)$$

$$\Delta I_3 = -130 + 380 = 250$$

(4.5) หา I_1, I_2 และ I_3

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

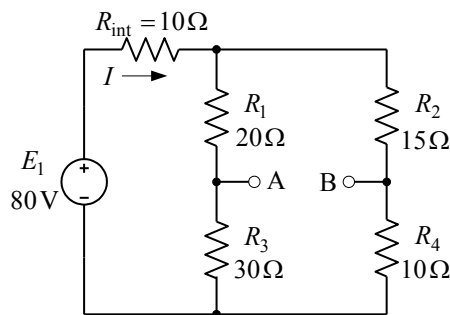
$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

$$I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{250}{50} = 5 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

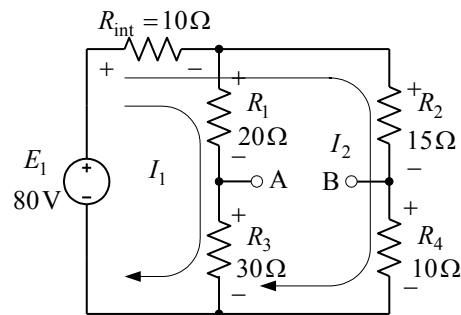
ค่ากำลังงานที่ตัวต้านทาน R_2 หาได้จาก สมการ $P = I^2 R$

$$\therefore P_2 = I_3^2 R_2 = (5 \text{ A})^2 (2 \Omega) = 50 \text{ W} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 5.4 จากวงจรในรูปที่ 5.5 จงหาค่าแรงดันที่จุด A – B ด้วยวิธีกระแสเมฆ



(ก) วงจรบริดจ์



(ข) กำหนดทิศทางกระแสและชั่วแรงดัน

รูปที่ 5.5 วงจรสำหรับตัวอย่างที่ 5.4

วิธีทำ ขั้นตอน(1),(2) กำหนดทิศทางกระแส และชั่วแรงดันตกร้อมตัวต้านทานดังรูปที่ 5.5 (ข)

ขั้นตอน (3) ใช้ KVL เขียนสมการเมฆรอบวงปิด

เขียนสมการ KVL ลูป I_1 : $+V_{R_{\text{int}}} + V_{R_1} + V_{R_3} - 80 \text{ V} = 0$

$$\text{ใช้กฎของโอห์ม จะได้ } 10\Omega(I_1 + I_2) + (20\Omega + 30\Omega)I_1 = 80 \text{ V}$$

$$60I_1 + 10I_2 = 80 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

เขียนสมการ KVL ลูป I_2 : $+V_{R_{\text{int}}} + V_{R_2} + V_{R_4} - 80 \text{ V} = 0$

$$\text{ใช้กฎของโอห์ม จะได้ } 10\Omega(I_1 + I_2) + (15\Omega + 10\Omega)I_2 = 80 \text{ V}$$

$$10I_1 + 35I_2 = 80 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

ขั้นตอน(4) นำสมการ (1), (2) มาเขียนให้อยู่ในรูปสมการเมตริกซ์

$$\begin{bmatrix} 60 & 10 \\ 10 & 35 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80 \\ 80 \end{bmatrix}$$

$$(4.1) \text{ หาค่า } \Delta : \Delta = \begin{vmatrix} 60 & 10 \\ 10 & 35 \end{vmatrix} = +(60)(35) - (10)(10)$$

$$\Delta = 2100 - 100 = 2000$$

$$(4.2) \text{ หา } \Delta I_1, I_1 : \quad I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 80 & 10 \\ 80 & 35 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{+(80)(35) - (80)(10)}{2,000}$$

$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{2,800 - 800}{2,000} = \frac{2,000}{2,000} = 1 \text{ A}$$

$$(4.3) \text{ หา } \Delta I_2, I_2 : \quad I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 60 & 80 \\ 10 & 80 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{+(60)(80) - (10)(80)}{2,000}$$

$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{4,800 - 800}{2,000} = \frac{4,000}{2,000} = 2 \text{ A}$$

ใช้ กฎของโอห์มหาแรงดันตกคร่อม R_3 และ R_4

$$V_{R_3} = I_1 R_3 = (1 \text{ A})(30 \Omega) = 30 \text{ V}$$

$$V_{R_4} = I_2 R_4 = (2 \text{ A})(10 \Omega) = 20 \text{ V}$$

เขียนสมการ KVL ที่ขั้ว AB รูปที่ 5.5 (ข) โดยให้ ขั้ว A เป็นบวกเพราะว่าแรงดันตกคร่อม

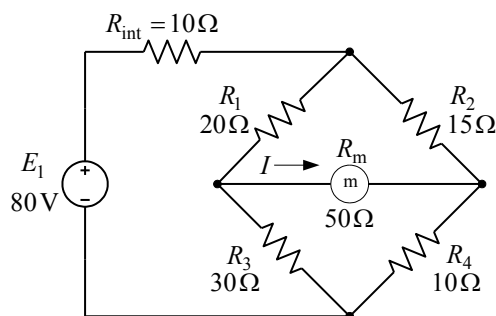
R_3 มากกว่าแรงดันตกคร่อม R_4 จะได้ $+V_{AB} + V_{R_4} - V_{R_3} = 0$

$$V_{AB} = V_{R_3} - V_{R_4}$$

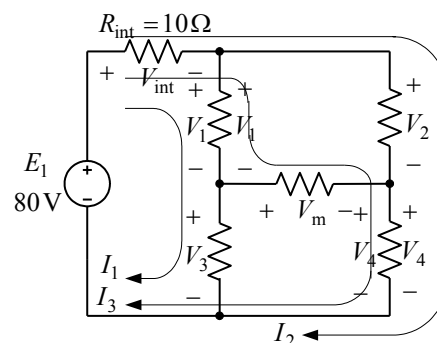
$$\therefore V_{AB} = 30 \text{ V} - 20 \text{ V} = 10 \text{ V}$$

.....ตอบ

ตัวอย่างที่ 5.5 จากวงจรในรูปที่ 5.6 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านมิเตอร์ ถ้าความต้านทานภายในของกัลป์วานอ์มิเตอร์ มีค่า 50 โอห์ม



(ก) วงจรบริดจ์



(ข) กำหนดทิศทางกระแสและขั้วแรงดัน

รูปที่ 5.6 วงจรสำหรับตัวอย่างที่ 5.5

วิธีทำ ขั้นตอน(1),(2) กำหนดทิศทางกระแส และขั้วแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานดังรูปที่ 5.6 (ข)

ขั้นตอน (3) ใช้ KVL เขียนสมการเมฆรอบวงปิด

$$\text{เขียนสมการ KVL ลูป } I_1 : \quad +V_{\text{int}} + V_1 + V_3 - 80 \text{ V} = 0$$

$$\text{ใช้กฎของโอห์ม จะได้ } 10\Omega(I_1 + I_2 + I_3) + 20\Omega(I_1 + I_3) + 30I_1 = 80 \text{ V}$$

$$60I_1 + 10I_2 + 30I_3 = 80 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$\text{เขียนสมการ KVL ลูป } I_2 : \quad +V_{R_{\text{int}}} + V_2 + V_4 - 80 \text{ V} = 0$$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ : $10\Omega(I_1 + I_2 + I_3) + 15\Omega I_2 + 10\Omega(I_2 + I_3) = 80\text{ V}$

$$10I_1 + 35I_2 + 20I_3 = 80\text{ V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

เขียนสมการ KVL ลูป I_3 : $+V_{R_{int}} + V_1 + V_m + V_4 - 80\text{ V} = 0$

ใช้กฎของโอห์ม จะได้ : $10\Omega(I_1 + I_2 + I_3) + 20\Omega(I_1 + I_3) + 50\Omega I_3 + 10\Omega(I_2 + I_3) = 80\text{ V}$

$$30I_1 + 20I_2 + 90I_3 = 80\text{ V} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ขั้นตอน(4) นำสมการ (1), (2) และ (3) มาเขียนให้อยู่ในรูปสมการเมตริกซ์

$$\begin{bmatrix} 60 & 10 & 30 \\ 10 & 35 & 20 \\ 30 & 20 & 90 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 80 \\ 80 \\ 80 \end{bmatrix}$$

(4.1) หาค่า Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 60 & 10 & 30 \\ 10 & 35 & 20 \\ 30 & 20 & 90 \end{vmatrix}$ เลือกแถวที่ 1

$$\Delta = \begin{vmatrix} 60 & 10 & 30 \\ 10 & 35 & 20 \\ 30 & 20 & 90 \end{vmatrix} = + (60) \begin{vmatrix} 35 & 20 \\ 20 & 90 \end{vmatrix} - (10) \begin{vmatrix} 10 & 20 \\ 30 & 90 \end{vmatrix} + (30) \begin{vmatrix} 10 & 35 \\ 30 & 20 \end{vmatrix}$$

$$\Delta = + (60)[(35)(90) - (20)(20)] - (10)[(10)(90) - (30)(20)] + (30)[(10)(20) - (30)(35)]$$

$$\Delta = + (60)[+ (3150) - (400)] - (10)[+ (900) - (600)] + (30)[+ (200) - (1050)]$$

$$\Delta = + (60)(2750) - (10)(300) + (30)(-850)$$

$$\Delta = (165,000) - (3,000) - (25,500)$$

$$\Delta = 136,500$$

กระแสที่ไหลผ่าน มิเตอร์ คือ I_3

(4.2) หาค่า ΔI_3 : $\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 60 & 10 & 80 \\ 10 & 35 & 80 \\ 30 & 20 & 80 \end{vmatrix}$ เลือกแถวที่ 1

$$\Delta I_3 = \begin{vmatrix} 60 & 10 & 80 \\ 10 & 35 & 80 \\ 30 & 20 & 80 \end{vmatrix} = + (60) \begin{vmatrix} 35 & 80 \\ 20 & 80 \end{vmatrix} - (10) \begin{vmatrix} 10 & 80 \\ 30 & 80 \end{vmatrix} + (80) \begin{vmatrix} 10 & 35 \\ 30 & 20 \end{vmatrix}$$

$$\Delta I_3 = + (60)[(35)(80) - (20)(80)] - (10)[(10)(80) - (30)(80)] + (80)[(10)(20) - (30)(35)]$$

$$\Delta I_3 = + (60)[(2,800) - (1,600)] - (10)[(800) - (2,400)] + (80)[(200) - (1,050)]$$

$$\Delta I_3 = + (60)(1,200) - (10)(-1,600) + (80)(-850)$$

$$\Delta I_3 = 72,000 + 16,000 - 68,000$$

$$\Delta I_3 = 20,000$$

(4.3) หา I_3 : $I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{20,000}{136,500} = 0.15\text{ A}$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน มิเตอร์ คือ $I_3 = 0.15\text{ A}$ **ตอบ**

สรุปสาระสำคัญ

วิธีกระแสเมฆ ใช้วิเคราะห์ วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งมากกว่า 1 ตัว โดยใช้ KVL เขียนสมการในแต่ละวงปิด (ลูป) ขั้นตอนการใช้วิธีกระแสเมฆ สรุป ดังนี้

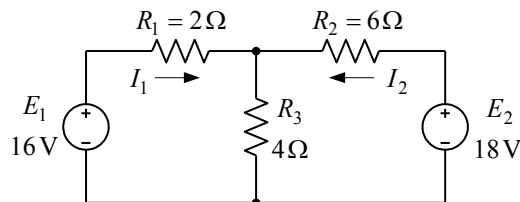
1. กำหนดทิศทางของกระแสไหลวน(loop current) ในแต่ละลูปวงจร พร้อมทั้งกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้า ซึ่งจะกำหนดให้กระแสไฟฟ้า ไหลในทิศทางใดก็ได้
2. ระบุเครื่องหมายขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน หรือ โหลด ในแต่ละลูป
3. เขียนสมการ KVL ในแต่ละ ลูป
4. แก้สมการหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

แบบฝึกหัด

หน่วยที่ 5 วิธีกระแสเมฆ

1. จากวงจรในรูปที่ 5.7 จงหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 ด้วยวิธีกระแสเมฆ และกำลังงานที่ R_3

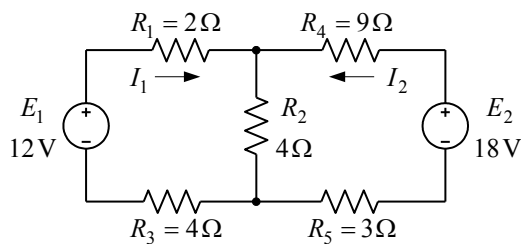
ตอบ $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 1 \text{ A}$ และ $P_3 = 36 \text{ W}$



รูปที่ 5.7 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 1

2. จากวงจรในรูปที่ 5.8 จงหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

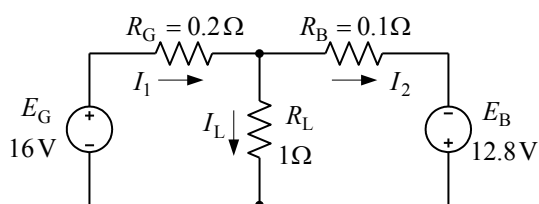
ตอบ $I_1 = 0.25 \text{ A}$, $I_2 = 0.625 \text{ A}$



รูปที่ 5.8 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 2

3. จากวงจรในรูปที่ 5.9 จงหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_L ด้วยวิธีกระแสเมฆ

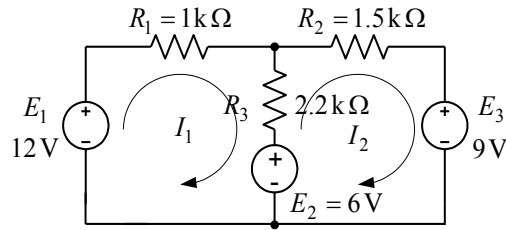
ตอบ $I_1 = 95 \text{ A}$, $I_2 = 98 \text{ A}$, $I_L = 3 \text{ A}$



รูปที่ 5.9 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 3

4. จากวงจรในรูปที่ 5.9 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

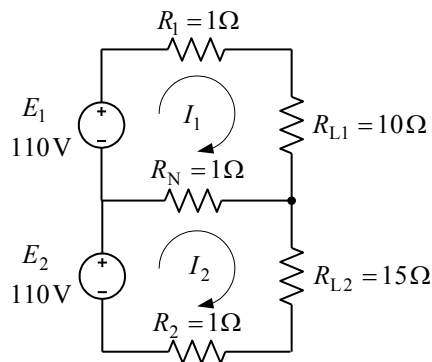
ตอบ $I_1 = 7.89 \text{ mA}$, $I_2 = 8.74 \text{ mA}$



รูปที่ 5.10 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 4

5. จากวงจรในรูปที่ 5.11 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 กำลังงานในแต่ละ Line

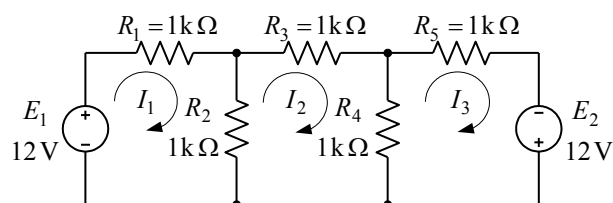
ตอบ $I_1 = 9.75 \text{ A}$, $I_2 = 7.04 \text{ A}$



รูปที่ 5.11 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 5

6. จากวงจรในรูปที่ 5.12 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

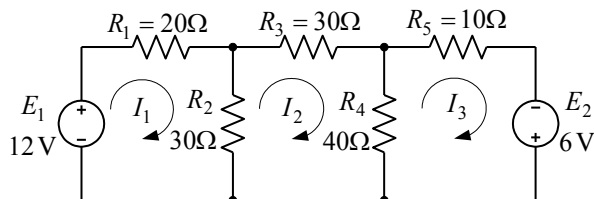
ตอบ $I_1 = 9 \text{ mA}$, $I_2 = 6 \text{ mA}$, $I_3 = 9 \text{ mA}$



รูปที่ 5.12 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 6

7. จากวงจรในรูปที่ 5.13 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

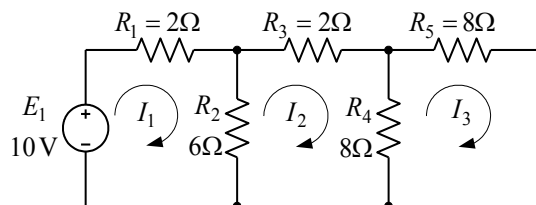
ตอบ $I_1 = 384 \text{ mA}$, $I_2 = 240 \text{ mA}$, $I_3 = 312 \text{ mA}$



รูปที่ 5.13 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 7

8. จากวงจรในรูปที่ 5.14 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

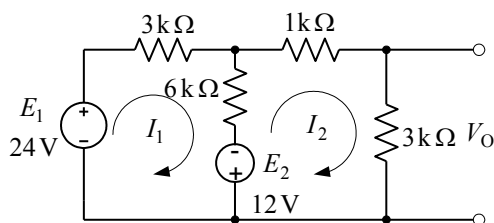
ตอบ $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 1 \text{ A}$, $I_3 = 0.5 \text{ A}$



รูปที่ 5.14 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 8

9. จากวงจรในรูปที่ 5.15 จงหา แรงดันไฟฟ้า V_O ด้วยวิธีกระแสเมฆ

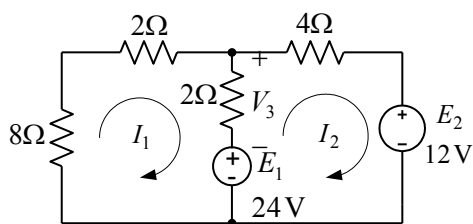
ตอบ $V_O = 6 \text{ V}$



รูปที่ 5.15 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9

10. จากวงจรในรูปที่ 5.16 จงหา แรงดันไฟฟ้า V_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $V_3 = -6.35 \text{ V}$



รูปที่ 5.16 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 10

แบบทดสอบหลังเรียน

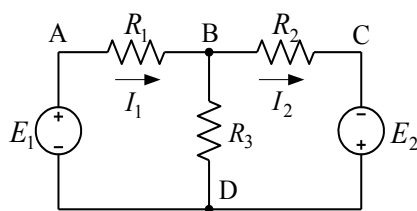
หน่วยที่ 5 วิธีกระแสเมช

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 ข้อ

1. ขั้นตอนแรก ของวิธีกระแสเมช คือข้อใด

- ก. กำหนดทิศทางของกระแสไหลวน ข. ระบุเครื่องชี้วัดแรงดัน
ค. เขียนสมการ KVL ในแต่ละลูป ง. แก้สมการหาค่าตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

จากวงจรในรูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 2 – 3



รูปที่ 1 ใช้สำหรับคำถามข้อ 2 – 3

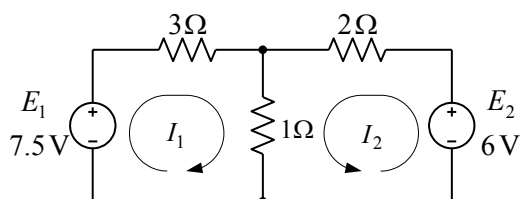
2. ขั้วแรงดันตกคร่อม R_1 , R_2 เป็นข้อใด

- ก. ที่ R_1 บวกจุด B ลบจุด A ที่ R_2 บวกจุด C ลบจุด B
ข. ที่ R_1 บวกจุด B ลบจุด A ที่ R_2 บวกจุด B ลบจุด C
ค. ที่ R_1 บวกจุด A ลบจุด B ที่ R_2 บวกจุด C ลบจุด B
ง. ที่ R_1 บวกจุด A ลบจุด B ที่ R_2 บวกจุด B ลบจุด C

3. วงรอบปิด ลูป I_1 คือข้อใด

- ก. ABCD ข. BCDA
ค. BCDB ง. ABDA

จากวงจรในรูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 4 – 6



รูปที่ 2 ใช้สำหรับคำถามข้อ 4 – 6

4. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

- ก. 1.5 A ข. 1 A
ค. 2 A ง. 3 A

5. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

ก. 1 A

ข. 2 A

ค. 1.5 A

ง. 3 A

6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน 1Ω มีค่าเท่าใด

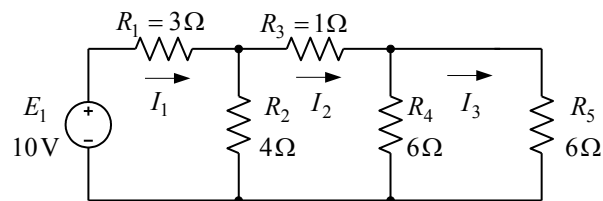
ก. 2 A

ข. 3 A

ค. 1.5 A

ง. 2.5 A

จากวงจรในรูปที่ 3 ใช้สำหรับคำถามข้อ 7 – 10



รูปที่ 3 วงจรสำหรับคำถามข้อ 7 – 10

7. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

ก. 2 A

ข. 0.5 A

ค. 2.5 A

ง. 3 A

8. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

ก. 0.5 A

ข. 1 A

ค. 2 A

ง. 3 A

9. กระแสไฟฟ้า I_3 มีค่าเท่าใด

ก. 0.5 A

ข. 1 A

ค. 2 A

ง. 3 A

10. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานค่า 1Ω มีค่าเท่าใด

ก. 1 V

ข. 3 V

ค. 4 V

ง. 2 V

เอกสารอ้างอิง

- มงคล ทองสงคราม. (2538). อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : หจก. วี.เจ.พรินติ้ง.
- มงคล ทองสงคราม. (2540). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 1. กรุงเทพฯ : หจก. วี.เจ.พรินติ้ง.
- มงคล ทองสงคราม. (2543). การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 1. กรุงเทพฯ : บริษัท รามการพิมพ์จำกัด.
- ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2545). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : บริษัท ส.เอเชียเพรส (1989) จำกัด.
- บัณฑิต บัวบูชา.(2540). ทฤษฎีและการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า 1. กรุงเทพฯ : หจก. สำนักพิมพ์ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์.
- ประทุม น้าโสมส. (2549). วิเคราะห์วงจรไฟฟ้า. กรุงเทพฯ : บริษัท สำนักพิมพ์เอมพันธ์ จำกัด.
- Charles K. Alexander Matthew N.O. Sadiku. **Fundamentals of Electric Circuits**. Second Edition Singapore. McGraw-Hill. 2004.
- David E. Johnson, Johnny R. Johnson, John L. Hilburn. **Electric circuit analysis**. (2 rd . Ed.), Simon & Schuster Asia Pte Ltd., Singapore. Prentice-Hall International, Inc. 1996.
- Thomas L. Floyd . **Principles of Electric Circuits Conventional Current** Version. 7th. Ed. New Jersey. Prentice-Hall. 2003.
- Kenneth Hardy. **Linear Algebra For Engineers and Scientists**. Pearson Prentice-Hall. Upper Saddle River. New Jersey, 2005.

ภาคผนวก

- เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
- เฉลยแบบฝึกหัดท้ายหน่วย

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน

1. ข 2. ก 3. ค 4. ข 5. ข 6. ง 7. ค 8. ก 9. ข 10. ค

เฉลยแบบทดสอบหลังเรียน

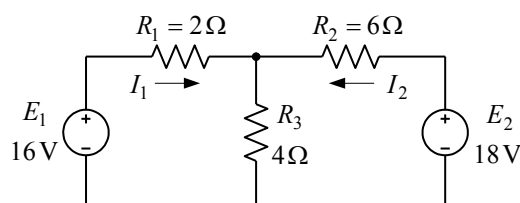
1. ก 2. ง 3. ง 4. ก 5. ค 6. ข 7. ก 8. ข 9. ก 10. ก

เฉลยแบบฝึกหัด

หน่วยที่ 5 วิธีกระแสเมฆ

1. จากวงจรในรูปที่ 5.7 จงหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 ด้วยวิธีกระแสเมฆ และกำลังงานที่ R_3

ตอบ $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 1 \text{ A}$ และ $P_3 = 36 \text{ W}$



รูปที่ 5.7 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 1

$$\begin{aligned} \text{สมการ KVL ลูป(1) :} \quad & +V_1 + V_3 - 16 \text{ V} = 0 \\ & 6I_1 + 4I_2 = 16 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สมการ KVL ลูป(2) :} \quad & +V_2 + V_3 - 18 \text{ V} = 0 \\ & 4I_1 + 10I_2 = 18 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(2) \end{aligned}$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16 \text{ V} \\ 18 \text{ V} \end{bmatrix}$$

หา Δ :
$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & 4 \\ 4 & 10 \end{vmatrix} = +(6 \times 10) - (4 \times 4) = 60 - 16 = 44$$

หา ΔI_1 :
$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 16 & 4 \\ 18 & 10 \end{vmatrix} = +(16 \times 10) - (18 \times 4) = 160 - 72 = 88$$

หา ΔI_2 :
$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 6 & 16 \\ 4 & 18 \end{vmatrix} = +(6 \times 18) - (4 \times 16) = 108 - 64 = 44$$

จะได้ $I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{88}{44} = 2 \text{ A}$ ตอบ

และ $I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{44}{44} = 1 \text{ A}$ ตอบ

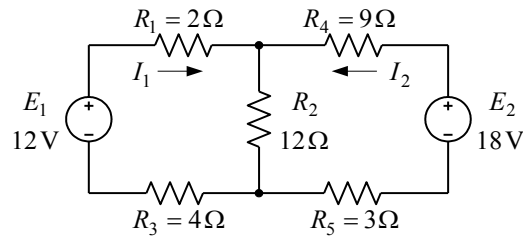
ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน R_3 ก็คือ $I_1 + I_2 = 2 \text{ A} + 1 \text{ A} = 3 \text{ A}$

กำลังงานที่ R_3 จะเป็น $P_3 = I^2 R_3 = (3 \text{ A})^2 (4 \Omega) = 36 \text{ W}$

ตอบ

2. จากวงจรในรูปที่ 5.8 จงหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $I_1 = 0.25 \text{ A}, I_2 = 0.625 \text{ A}$



รูปที่ 5.8 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 2

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_1 + V_2 + V_3 - 12 \text{ V} = 0$

$$18I_1 + 12I_2 = 12 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_4 + V_2 + V_5 - 18 \text{ V} = 0$

$$12I_1 + 24I_2 = 18 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้ $\begin{bmatrix} 18 & 12 \\ 12 & 24 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \text{ V} \\ 18 \text{ V} \end{bmatrix}$

หา Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 18 & 12 \\ 12 & 24 \end{vmatrix} = +(18 \times 24) - (12 \times 12) = 432 - 144 = 288$

หา ΔI_1 : $\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 12 & 12 \\ 18 & 24 \end{vmatrix} = +(12 \times 24) - (18 \times 12) = 288 - 216 = 72$

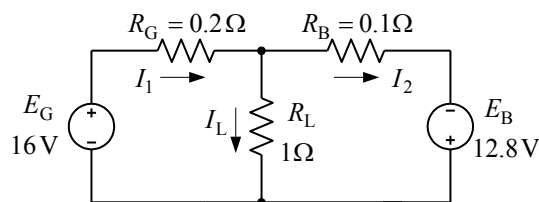
หา ΔI_2 : $\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 18 & 12 \\ 12 & 18 \end{vmatrix} = +(18 \times 18) - (12 \times 12) = 324 - 144 = 180$

จะได้ $I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{72}{288} = 0.25 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$

และ $I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{180}{288} = 0.625 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$

3. จากวงจรในรูปที่ 5.9 จงหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_L ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $I_1 = 95 \text{ A}, I_2 = 98 \text{ A}, I_L = 3 \text{ A}$



รูปที่ 5.9 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 3

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_{RG} + V_{RL} - 16 \text{ V} = 0$

$$1.2I_1 - I_2 = 16 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_{RB} - 12.8V + V_{RL} = 0$

$$-I_1 + 1.1I_2 = 12.8V \quad \dots\dots\dots(2)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้ $\begin{bmatrix} 1.2 & -1 \\ -1 & 1.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 16V \\ 12.8V \end{bmatrix}$

หา Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 1.2 & -1 \\ -1 & 1.1 \end{vmatrix} = +(1.2)(1.1) - (-1)(-1) = 1.32 - 1 = 0.32$

หา ΔI_1 : $\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 16 & -1 \\ 12.8 & 1.1 \end{vmatrix} = +(16)(1.1) - (12.8)(-1) = 17.6 + 12.8 = 30.4$

หา ΔI_2 : $\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 1.2 & 16 \\ -1 & 12.8 \end{vmatrix} = +(1.2)(12.8) - (-1)(16) = 15.36 + 16 = 31.36$

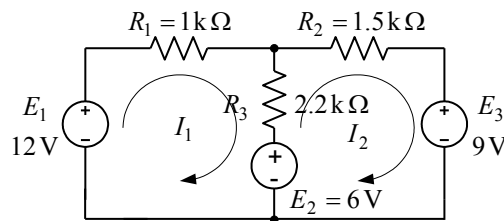
จะได้ $I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{30.4}{0.32} = 95A \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$

และ $I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{31.36}{0.32} = 98A \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน R_L ก็คือ $I_L = I_2 - I_1 = 98A - 95A = 3A \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$

4. จากวงจรในรูปที่ 5.10 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $I_1 = 7.89 \text{ mA}$, $I_2 = 8.74 \text{ mA}$



รูปที่ 5.10 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 4

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_1 + V_3 + 6V - 12V = 0$

$$3.2kI_1 - 2.2kI_2 = 6V \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_2 - 9V - 6V + V_3 = 0$

$$-2.2kI_1 + 3.7kI_2 = 15V \quad \dots\dots\dots(2)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้ $\begin{bmatrix} 3.2k & -2.2k \\ -2.2k & 3.7k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6V \\ 15V \end{bmatrix}$

หา Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 3.2k & -2.2k \\ -2.2k & 3.7k \end{vmatrix} = +(3.2)(3.7)k^2 - (-2.2)(-2.2)k^2$
 $= 11.84k^2 - 4.84k^2 = 7 \times 10^6$

หา ΔI_1 : $\Delta I_1 = \begin{vmatrix} 6 & -2.2k \\ 15 & 3.7k \end{vmatrix} = +(6)(3.7)k - (15)(-2.2)k = 55.2 \times 10^3$

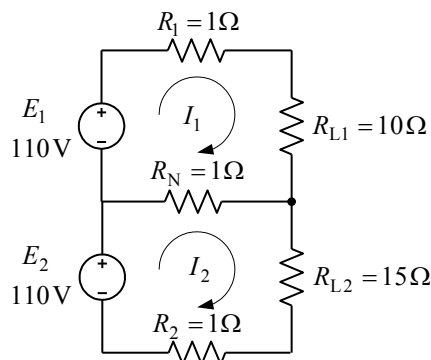
$$\text{หา } \Delta I_2 : \Delta I_2 = \begin{vmatrix} 3.2\text{k} & 6 \\ -2.2\text{k} & 15 \end{vmatrix} = +(3.2)(15)\text{k} - (-2.2)(6)\text{k} = 61.2 \times 10^3$$

$$\text{จะได้ } I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{55.2 \times 10^3}{7 \times 10^6} = 7.89 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$\text{และ } I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{61.2 \times 10^3}{7 \times 10^6} = 8.74 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

5. จากวงจรในรูปที่ 5.11 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 กำลังงานในแต่ละ Line

ตอบ $I_1 = 9.75 \text{ A}$, $I_2 = 7.04 \text{ A}$



รูปที่ 5.11 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 5

$$\text{สมการ KVL ลูป (1) : } +V_1 + V_{L1} + V_{RN} - 110\text{V} = 0$$

$$12I_1 - I_2 = 110\text{V} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\text{สมการ KVL ลูป (2) : } +V_{RN} + V_{L2} + V_{R2} - 110\text{V} = 0$$

$$-I_1 + 17I_2 = 110\text{V} \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้ } \begin{bmatrix} 12 & -1 \\ -1 & 17 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 110\text{V} \\ 110\text{V} \end{bmatrix}$$

$$\text{หา } \Delta : \Delta = \begin{vmatrix} 12 & -1 \\ -1 & 17 \end{vmatrix} = +(12)(17) - (-1)(-1) = 204 - 1 = 203$$

$$\text{หา } \Delta I_1 : \Delta I_1 = \begin{vmatrix} 110 & -1 \\ 110 & 17 \end{vmatrix} = +(110)(17) - (110)(-1) = 1870 + 110 = 1980$$

$$\text{หา } \Delta I_2 : \Delta I_2 = \begin{vmatrix} 12 & 110 \\ -1 & 110 \end{vmatrix} = +(12)(110) - (-1)(110) = 1320 + 110 = 1430$$

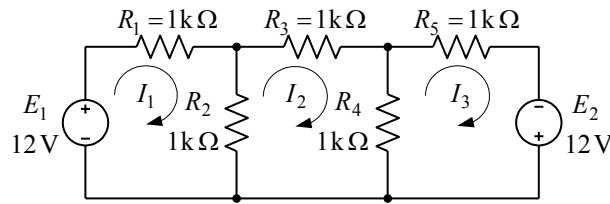
$$\text{จะได้ } I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{1980}{203} = 9.75 \text{ A} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$\text{และ } I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{1430}{203} = 7.04 \text{ A} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$\text{ดังนั้นกำลังงานที่ Line 1 จะเป็น } P_{\text{Line1}} = I_1^2 R_{L1} = (9.75 \text{ A})^2 (10\Omega) = 950 \text{ W} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$\text{และ กำลังงานที่ Line 2 เป็น } P_{\text{Line2}} = I_2^2 R_{L2} = (7.04 \text{ A})^2 (15\Omega) = 743 \text{ W} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

6. จากวงจรในรูปที่ 5.12 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ



รูปที่ 5.12 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 6

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_1 + V_2 - 12V = 0$

$$2kI_1 - 1kI_2 = 12V \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_3 + V_4 + V_2 = 0$

$$-1kI_1 + 3kI_2 - 1kI_3 = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

สมการ KVL ลูป (3) : $+V_5 - 12V + V_4 = 0$

$$-1kI_2 + 2kI_3 = 12V \quad \dots\dots\dots(3)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 2k & -k & 0 \\ -k & 3k & -k \\ 0 & -k & 2k \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12V \\ 0 \\ 12V \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} \text{หา } \Delta : \quad \Delta &= \begin{vmatrix} 2k & -k & 0 \\ -k & 3k & -k \\ 0 & -k & 2k \end{vmatrix} = +(2k) \begin{vmatrix} 3k & -k \\ -k & 2k \end{vmatrix} - (-k) \begin{vmatrix} -k & -k \\ 0 & 2k \end{vmatrix} \\ &= +(2k)(6k^2 - k) + k(-2k^2 - 0) = 10k^3 - 2k^3 = 8k^3 = 8 \times 10^9 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หา } \Delta I_1 : \quad \Delta I_1 &= \begin{vmatrix} 12 & -k & 0 \\ 0 & 3k & -k \\ 12 & -k & 2k \end{vmatrix} = +(12) \begin{vmatrix} 3k & -k \\ -k & 2k \end{vmatrix} + 0 + (12) \begin{vmatrix} -k & 0 \\ 3k & -k \end{vmatrix} \\ &= +(12)(6k^2 - k) + (12)(k^2 - 0) = 60k^2 + 12k^2 = 72k^2 = 72 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หา } \Delta I_2 : \quad \Delta I_2 &= \begin{vmatrix} 2k & 12 & 0 \\ -k & 0 & -k \\ 0 & 12 & 2k \end{vmatrix} = -(12) \begin{vmatrix} -k & -k \\ 0 & 2k \end{vmatrix} + 0 - (12) \begin{vmatrix} 2k & 0 \\ -k & -k \end{vmatrix} \\ &= -(12)(-2k^2) - (12)(-2k^2) = +24k^2 + 24k^2 = 48k^2 = 48 \times 10^6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{หา } \Delta I_3 : \quad \Delta I_3 &= \begin{vmatrix} 2k & -k & 12 \\ -k & 3k & 0 \\ 0 & -k & 12 \end{vmatrix} = +(12) \begin{vmatrix} -k & 3k \\ 0 & -k \end{vmatrix} - 0 + (12) \begin{vmatrix} 2k & -k \\ -k & 3k \end{vmatrix} \\ &= +(12)(k^2) + (12)(6k^2 - k^2) = +12k^2 + 60k^2 = 72k^2 = 72 \times 10^6 \end{aligned}$$

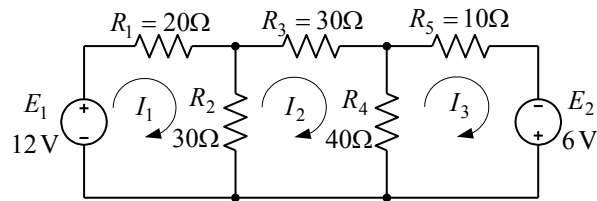
$$\text{จะได้ } I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{72 \times 10^6}{8 \times 10^9} = 9 \times 10^{-3} = 9 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

$$\text{และ } I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{48 \times 10^6}{8 \times 10^9} = 6 \times 10^{-3} = 6 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

$$\text{และ } I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{72 \times 10^6}{8 \times 10^9} = 9 \times 10^{-3} = 9 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

7. จากวงจรในรูปที่ 5.13 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $I_1 = 384 \text{ mA}$, $I_2 = 240 \text{ mA}$, $I_3 = 312 \text{ mA}$



รูปที่ 5.13 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 7

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_1 + V_2 - 12 \text{ V} = 0$

$$50I_1 - 30I_2 = 12 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_3 + V_4 + V_2 = 0$

$$-30I_1 + 100I_2 - 40I_3 = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

สมการ KVL ลูป (3) : $+V_5 - 6 \text{ V} + V_4 = 0$

$$-40I_2 + 50I_3 = 6 \text{ V} \quad \dots\dots\dots(3)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 50 & -30 & 0 \\ -30 & 100 & -40 \\ 0 & -40 & 50 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \text{ V} \\ 0 \\ 6 \text{ V} \end{bmatrix}$$

$$\text{หา } \Delta : \quad \Delta = \begin{vmatrix} 50 & -30 & 0 \\ -30 & 100 & -40 \\ 0 & -40 & 50 \end{vmatrix} = + (50) \begin{vmatrix} 100 & -40 \\ -40 & 50 \end{vmatrix} - (-30) \begin{vmatrix} -30 & -40 \\ 0 & 50 \end{vmatrix} + 0$$

$$= + (50)[(100)(50) - (-40)(-40)] + (30)[(-30)(50) - (0)(-40)] + 0$$

$$= + (50)[(5,000) - (1,600)] + (30)[(-1,500) - 0] + 0$$

$$= + (50)[3,400] + (30)[-1,500]$$

$$= 170,000 - 45,000 = 125,000$$

$$\text{หา } \Delta I_1 : \quad \Delta I_1 = \begin{vmatrix} 12 & -30 & 0 \\ 0 & 100 & -40 \\ 6 & -40 & 50 \end{vmatrix} = + (12) \begin{vmatrix} 100 & -40 \\ -40 & 50 \end{vmatrix} - (-30) \begin{vmatrix} 0 & -40 \\ 6 & 50 \end{vmatrix} + 0$$

$$= + (12)[(100)(50) - (-40)(-40)] + (30)[(0)(50) - (6)(-40)] + 0$$

$$= + (12)[(5,000) - (1,600)] + (30)[(0) - (-240)] + 0$$

$$= + (12)[3,400] + (30)[240]$$

$$= 40,800 + 7,200 = 48,000$$

$$\text{หา } \Delta I_2 : \quad \Delta I_2 = \begin{vmatrix} 50 & 12 & 0 \\ -30 & 0 & -40 \\ 0 & 6 & 50 \end{vmatrix} = + (50) \begin{vmatrix} 0 & -40 \\ 6 & 50 \end{vmatrix} - (12) \begin{vmatrix} -30 & -40 \\ 0 & 50 \end{vmatrix} + 0$$

$$= + (50)[(0)(50) - (6)(-40)] - (12)[(-30)(50) - (0)(-40)] + 0$$

$$= + (50)[0 + 240] - (12)[-1,500 - 0]$$

$$= + (50)(240) - (12)(-1,500)$$

$$= 12,000 + 18,000 = 30,000$$

$$\text{หา } \Delta I_3 : \quad \Delta I_3 = \begin{vmatrix} 50 & -30 & 12 \\ -30 & 100 & 0 \\ 0 & -40 & 6 \end{vmatrix} = + (50) \begin{vmatrix} 100 & 0 \\ -40 & 6 \end{vmatrix} - (-30) \begin{vmatrix} -30 & 12 \\ -40 & 6 \end{vmatrix} + 0$$

$$= + (50)[(100)(6) - (-40)(0)] + (30)[(-30)(6) - (-40)(12)] + 0$$

$$= + (50)[(600) - (0)] + (30)[(-180) - (-480)]$$

$$= + (50)[600] + (30)[300]$$

$$= 30,000 + 9,000 = 39,000$$

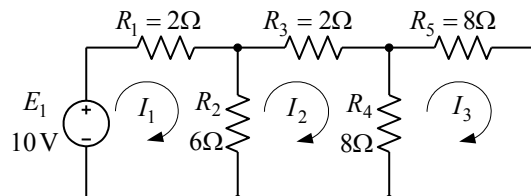
$$\text{จะได้ } I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{48,000}{125,000} = 0.384 \text{ A} = 384 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$\text{และ } I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{30,000}{125,000} = 0.240 \text{ A} = 240 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

$$\text{และ } I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{39,000}{125,000} = 0.312 \text{ A} = 312 \text{ mA} \quad \dots\dots\dots \text{ตอบ}$$

8. จากวงจรในรูปที่ 5.14 จงหากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $I_1 = 2 \text{ A}$, $I_2 = 1 \text{ A}$, $I_3 = 0.5 \text{ A}$



รูปที่ 5.14 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 8

$$\begin{aligned} \text{สมการ KVL ลูป (1) :} \quad & +V_1 + V_2 - 10\text{V} = 0 \\ & 8I_1 - 6I_2 = 10\text{V} \quad \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สมการ KVL ลูป (2) :} \quad & +V_3 + V_4 + V_2 = 0 \\ & -6I_1 + 16I_2 - 8I_3 = 0 \quad \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{สมการ KVL ลูป (3) :} \quad & +V_5 + V_4 = 0 \\ & -8I_2 + 16I_3 = 0 \quad \dots\dots\dots (3) \end{aligned}$$

$$\text{เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้} \quad \begin{bmatrix} 8 & -6 & 0 \\ -6 & 16 & -8 \\ 0 & -8 & 16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10\text{V} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned}
 \text{หา } \Delta : \quad \Delta &= \begin{vmatrix} 8 & -6 & 0 \\ -6 & 16 & -8 \\ 0 & -8 & 16 \end{vmatrix} = + (8) \begin{vmatrix} 16 & -8 \\ -8 & 16 \end{vmatrix} - (-6) \begin{vmatrix} -6 & -8 \\ 0 & 16 \end{vmatrix} + 0 \\
 &= + (8)[(16)(16) - (-8)(-8)] + (6)[(-6)(16) - (0)(-8)] + 0 \\
 &= + (8)[(256) - (64)] + (6)[(-96) - (0)] \\
 &= + (8)[192] + (6)[-96] \\
 &= 1,536 - 576 = 960
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{หา } \Delta I_1 : \quad \Delta I_1 &= \begin{vmatrix} 10 & -6 & 0 \\ 0 & 16 & -8 \\ 0 & -8 & 16 \end{vmatrix} = + (10) \begin{vmatrix} 16 & -8 \\ -8 & 16 \end{vmatrix} - 0 + 0 \\
 &= + (10)[(16)(16) - (-8)(-8)] - 0 + 0 \\
 &= + (10)[(256) - (64)] \\
 &= + (10)[192] = 1,920
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{หา } \Delta I_2 : \quad \Delta I_2 &= \begin{vmatrix} 8 & 10 & 0 \\ -6 & 0 & -8 \\ 0 & 0 & 16 \end{vmatrix} = - (10) \begin{vmatrix} -6 & -8 \\ 0 & 16 \end{vmatrix} + 0 - 0 \\
 &= - (10)[(-6)(16) - (0)(-8)] + 0 - 0 \\
 &= - (10)[(-96) - (0)] \\
 &= - (10)[-96] = 960
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{หา } \Delta I_3 : \quad \Delta I_3 &= \begin{vmatrix} 8 & -6 & 10 \\ -6 & 16 & 0 \\ 0 & -8 & 0 \end{vmatrix} = + (10) \begin{vmatrix} -6 & 16 \\ 0 & -8 \end{vmatrix} - 0 + 0 \\
 &= + (10)[(-6)(-8) - (0)(16)] - 0 + 0 \\
 &= + (10)[(48) - (0)] \\
 &= + (10)[48] = 480
 \end{aligned}$$

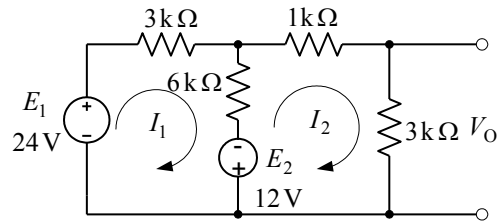
$$\text{จะได้} \quad I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{1,920}{960} = 2 \text{ A} \quad \dots\dots\dots \underline{\text{ตอบ}}$$

$$\text{และ} \quad I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{960}{960} = 1 \text{ A} \quad \dots\dots\dots \underline{\text{ตอบ}}$$

$$\text{และ} \quad I_3 = \frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{480}{960} = 0.5 \text{ A} \quad \dots\dots\dots \underline{\text{ตอบ}}$$

9. จากวงจรในรูปที่ 5.15 จงหา แรงดันไฟฟ้า V_O ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $V_O = 6\text{ V}$



รูปที่ 5.15 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 9

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_1 + V_2 - 12\text{ V} - 24\text{ V} = 0$

$$9\text{ k}\Omega I_1 - 6\text{ k}\Omega I_2 = 36\text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_3 + V_4 + 12\text{ V} + V_2 = 0$

$$-6\text{ k}\Omega I_1 + 10\text{ k}\Omega I_2 = -12\text{ V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 9\text{ k} & -6\text{ k} \\ -6\text{ k} & 10\text{ k} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 36\text{ V} \\ -12\text{ V} \end{bmatrix}$$

หา Δ : $\Delta = \begin{vmatrix} 9\text{ k} & -6\text{ k} \\ -6\text{ k} & 10\text{ k} \end{vmatrix} = +(9\text{ k})(10\text{ k}) - (-6\text{ k})(-6\text{ k}) = 90\text{ k}^2 - 36\text{ k}^2 = 54\text{ k}^2$

หา ΔI_2 : $\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 9\text{ k} & 36 \\ -6\text{ k} & -12 \end{vmatrix} = +(9\text{ k})(-12) - (-6\text{ k})(36) = -108\text{ k} + 216\text{ k} = 108\text{ k}$

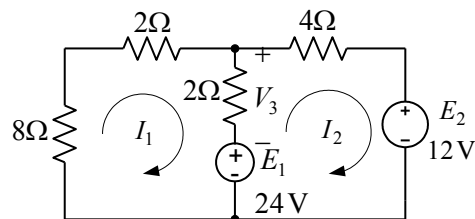
ดังนั้น $I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{108 \times 10^3}{54 \times 10^6} = 2\text{ mA}$

จะได้ $V_O = I_2 R_4 = (2\text{ mA})(3\text{ k}\Omega) = 6\text{ V}$

.....ตอบ

10. จากวงจรในรูปที่ 5.16 จงหา แรงดันไฟฟ้า V_3 ด้วยวิธีกระแสเมฆ

ตอบ $V_3 = -6.34\text{ V}$



รูปที่ 5.16 วงจรสำหรับแบบฝึกหัดข้อที่ 10

สมการ KVL ลูป (1) : $+V_1 + V_2 - 12\text{ V} - 24\text{ V} = 0$

$$9\text{ k}\Omega I_1 - 6\text{ k}\Omega I_2 = 36\text{ V} \quad \dots\dots\dots(1)$$

สมการ KVL ลูป (2) : $+V_3 + V_4 + 12\text{ V} + V_2 = 0$

$$-6\text{ k}\Omega I_1 + 10\text{ k}\Omega I_2 = -12\text{ V} \quad \dots\dots\dots(2)$$

เขียนในรูปสมการเมตริกซ์ได้ดังนี้
$$\begin{bmatrix} 12 & -2 \\ -2 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -24 \text{ V} \\ 12 \text{ V} \end{bmatrix}$$

หา Δ :
$$\Delta = \begin{vmatrix} 12 & -2 \\ -2 & 6 \end{vmatrix} = +(12)(6) - (-2)(-2) = 72 - 4 = 68$$

หา ΔI_1 :
$$\Delta I_1 = \begin{vmatrix} -24 & -2 \\ 12 & 6 \end{vmatrix} = +(-24)(6) - (12)(-2) = -144 + 24 = -120$$

หา ΔI_2 :
$$\Delta I_2 = \begin{vmatrix} 12 & -24 \\ -2 & 12 \end{vmatrix} = +(12)(12) - (-2)(-24) = 144 - 48 = 96$$

จะได้
$$I_1 = \frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{-120}{68} = -1.76 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

และ
$$I_2 = \frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{96}{68} = 1.41 \text{ A} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$

I_1 คิดค่าลบแสดงว่า ทิศทางตรงข้ามกับที่สมมติ ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ผ่าน R_3 ก็คือ ผลรวมของ I_1

และ I_2 ดังนั้น
$$I_1 + I_2 = 1.76 \text{ A} + 1.41 \text{ A} = 3.17 \text{ A} \quad \text{ไหลจากล่างขึ้นบน}$$

จะได้
$$V_3 = I_3 R_3 = (-3.17 \text{ A})(2 \Omega) = -6.34 \text{ V} \quad \dots\dots\dots\text{ตอบ}$$