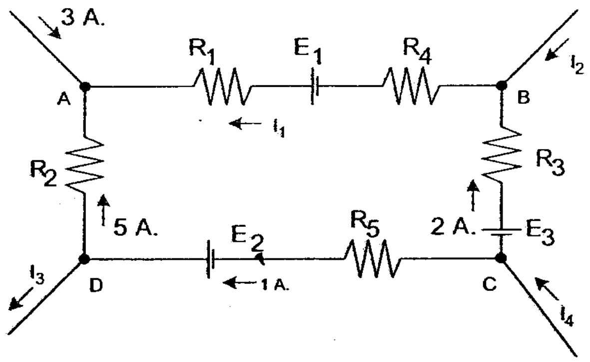


ภาพที่ 8.4 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าจุด A B C และ D

กระแสที่ไหลผ่านจุด A

$$I_1 + 5 + 3 = 0$$

$$I_1 = -8 \quad \text{แอมแปร์}$$

กระแสที่ไหลผ่านจุด B

$$I_2 + 2 = -8$$

$$I_2 = -10 \quad \text{แอมแปร์}$$

กระแสที่ไหลผ่านจุด C

$$I_4 = 1 + 2$$

$$I_4 = 3 \quad \text{แอมแปร์}$$

กระแสที่ไหลผ่านจุด D

$$1 = I_3 + 5$$

$$I_3 = -4 \quad \text{แอมแปร์}$$

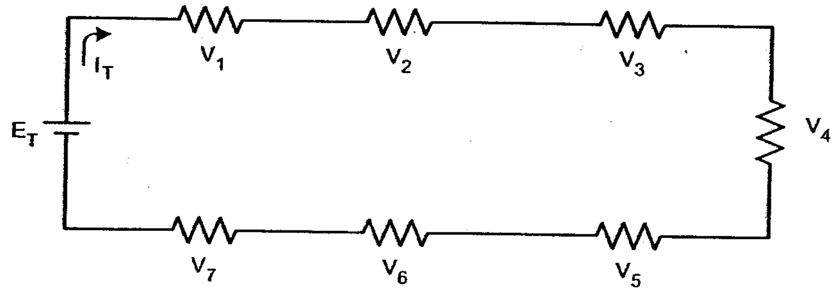
กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff Voltage Law)

กฎแรงดันไฟฟ้าหรือแรงเคลื่อนของเคอร์ชอฟฟ์ กล่าวว่า " ในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันมีค่าเท่ากับศูนย์ " หรือจะกล่าวว่า ในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ ผลรวมของแรงดันที่จ่ายให้แก่วงจรไฟฟ้า มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานทั้งวงจร ซึ่งการเขียนสมการแรงดันไฟฟ้า ต้องพิจารณาทิศทางการไหลของกระแสด้วย โดยการกำหนดทิศทางการไหลของกระแส ให้ดูจากแหล่งจ่ายไฟฟ้า เมื่อพิจารณาที่จุดใดๆ ทิศทางที่กระแสไหลเข้าจะกำหนดให้เป็นเครื่องหมายบวก และทิศทางที่กระแสไหลออกจะกำหนดให้เป็นเครื่องหมายลบ โดยเขียนเป็นสมการกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

ผลรวมของแรงดันไฟฟ้า = ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทาน

หรือ ผลรวมของแรงดันไฟฟ้า - ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทาน = 0

จากภาพที่ 8.5 เราสามารถเขียนสมการตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังสมการที่ 8.5 และ 8.6



ภาพที่ 8.5 แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

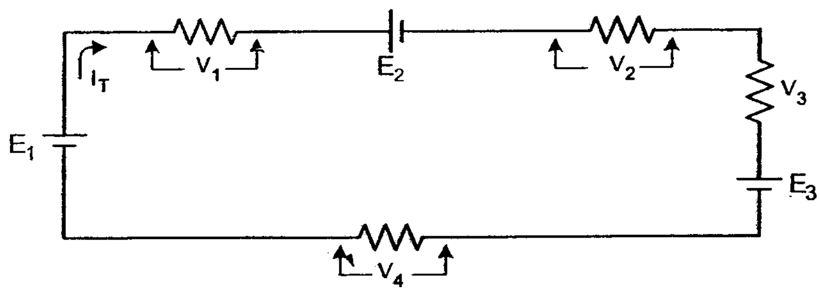
ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานทั้งวงจร

$$E_T = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 + V_5 + V_6 + V_7 \qquad .....(8.5)$$

ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานมีค่าเป็นศูนย์

$$E_T - V_1 - V_2 - V_3 - V_4 - V_5 - V_6 - V_7 = 0 \qquad .....(8.6)$$

จากภาพที่ 8.6 เราสามารถเขียนสมการตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังสมการที่ 8.7 และ 8.8



ภาพที่ 8.6 แรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานทั้งวงจร

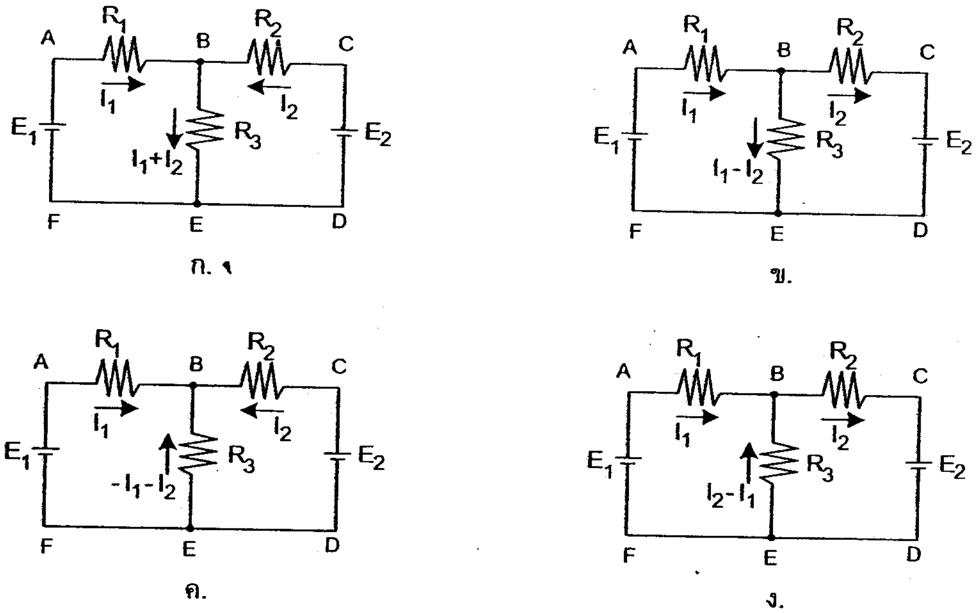
$$E_1 - E_2 - E_3 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \qquad .....(8.7)$$

ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายและแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานมีค่าเป็นศูนย์

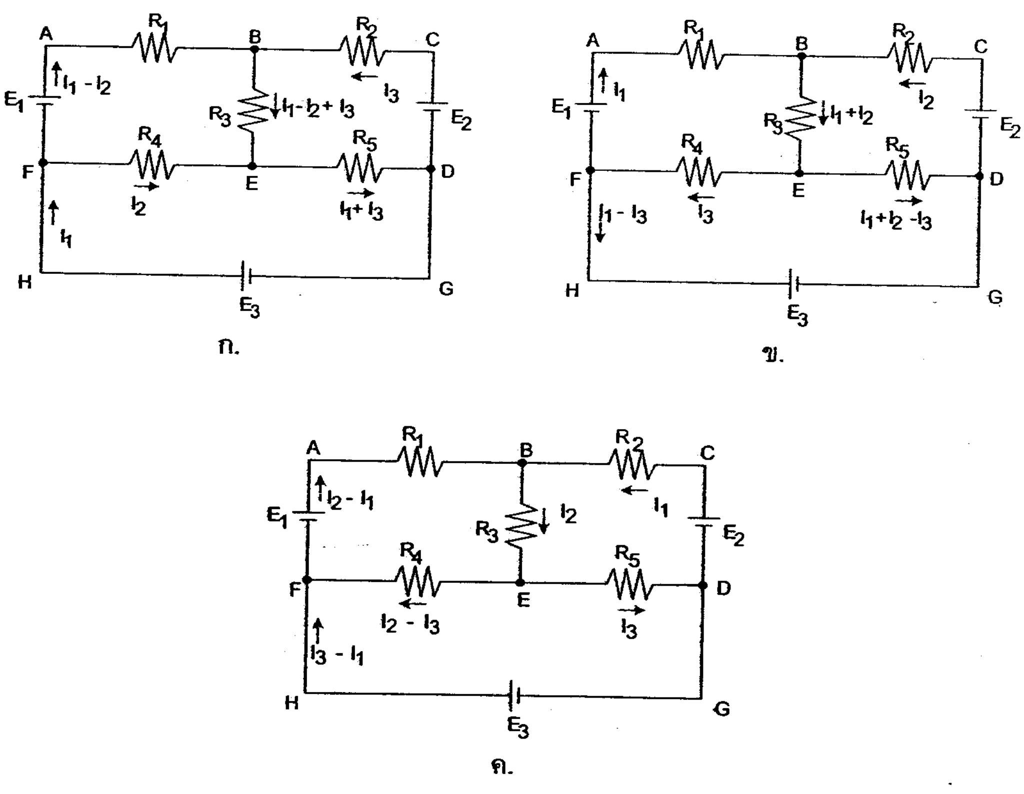
$$E_1 - E_2 - E_3 - V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0 \qquad .....(8.8)$$

การนำกฎของเคอร์ชอฟฟ์มาใช้งาน

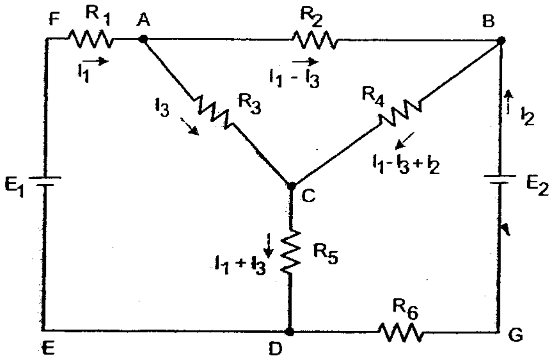
การนำกฎของเคอร์ชอฟฟ์มาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่มีวงจรซับซ้อน หรือมีวงจรย่อยหลายวงจร ในการคำนวณต้องพิจารณาทีละวงจร โดยในขั้นแรกต้องกำหนดให้กระแสไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว พร้อมทั้งกำหนดทิศทางการไหลของกระแส โดยการกำหนดทิศทางของกระแสจะกำหนดให้ไหลไปทางไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปมักกำหนดให้ไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย หลังจากนั้นเขียนสมการ และแก้สมการโดยใช้หลักการดีเทอร์มิแนนต์ เพื่อหาค่ากระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน หากคำนวณค่าของกระแสออกมาแล้ว ได้ค่าเป็นเครื่องหมายบวก แสดงว่าทิศทางการไหลของกระแสที่กำหนดขึ้นไหลไปทางเดียวกับทิศทางจริง แต่ถ้าได้ค่าเป็นเครื่องหมายลบ แสดงว่าทิศทางกระแสที่กำหนดขึ้นไหลสวนทางกับทิศทางจริง ตัวอย่างการกำหนดทิศทางการไหลของกระแส แสดงดังภาพที่ 8.7 8.8 และ 8.9



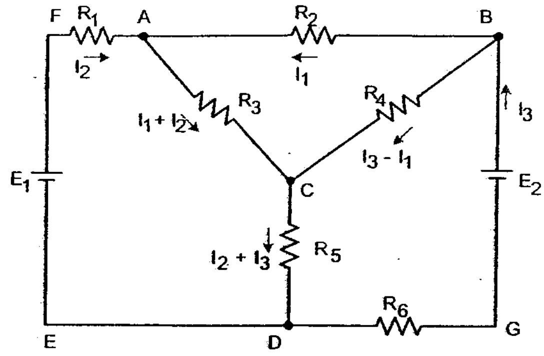
ภาพที่ 8.7 การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสที่จุด B



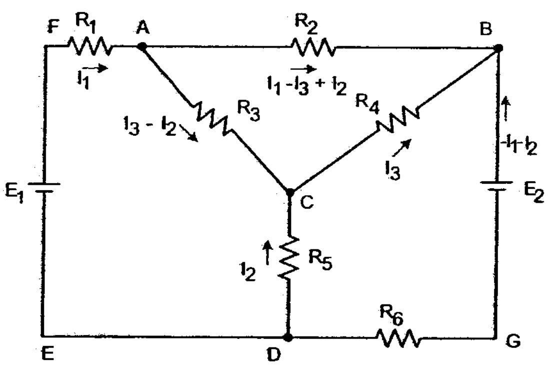
ภาพที่ 8.8 การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสที่จุด B D E และ F



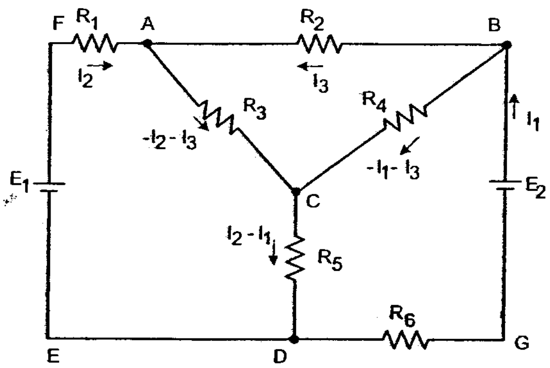
ก.



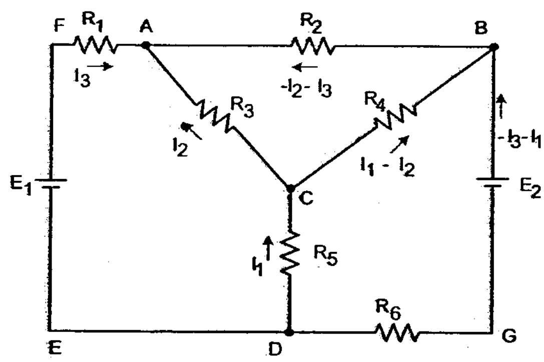
ข.



ค.



ง.

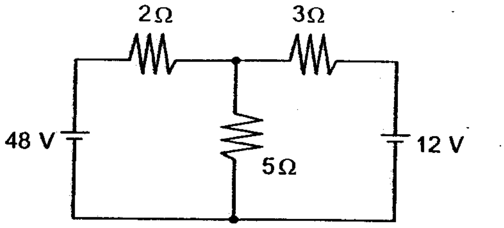


จ.

ภาพที่ 8.9 การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสที่จุด A B และ D

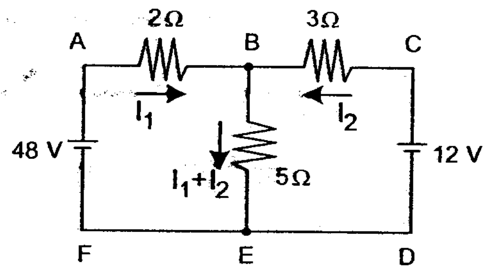
ตัวอย่างการแก้ปัญหาโจทย์โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

ตัวอย่างที่ 8.1 จากภาพที่ 8.10 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



ภาพที่ 8.10 วงจรคำนวณ ตัวอย่างที่ 8.1

วิธีทำ กำหนดให้กระแสมีทิศทางการไหลดังภาพ เขียนสมการได้ดังนี้



พิจารณาวงจรที่ 1 ABEF

$$2I_1 + 5(I_1 + I_2) = 48$$

$$2I_1 + 5I_1 + 5I_2 = 48$$

$$7I_1 + 5I_2 = 48 \quad \text{.....(1)}$$

พิจารณาวงจรที่ 2 BCDE

$$3I_2 + 5(I_1 + I_2) = 12$$

$$3I_2 + 5I_1 + 5I_2 = 12$$

$$5I_1 + 8I_2 = 12 \quad \text{.....(2)}$$

นำสมการที่ (1) และ (2) มาเขียนในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 48 \\ 12 \end{bmatrix}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 48 & 5 \\ 12 & 8 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 7 & 5 \\ 5 & 8 \end{vmatrix}} = \frac{384 - 60}{56 - 25}$$

$$= \frac{324}{31}$$

$= 10.452$ แอมแปร์

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_2

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 7 & 48 \\ 5 & 12 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{84 - 240}{31}$$

$$= \frac{-156}{31}$$

$= -5.032$ แอมแปร์

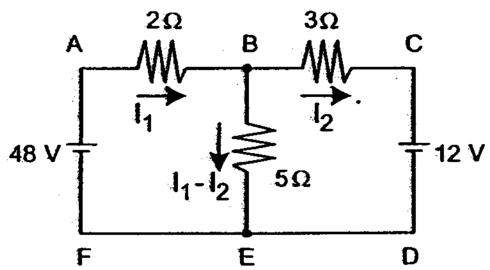
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 2 โอห์ม $= I_1 = 10.452$ แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 3 โอห์ม $= I_2 = -5.032$ แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 5 โอห์ม $= I_1 + I_2 = 10.452 + (-5.032)$

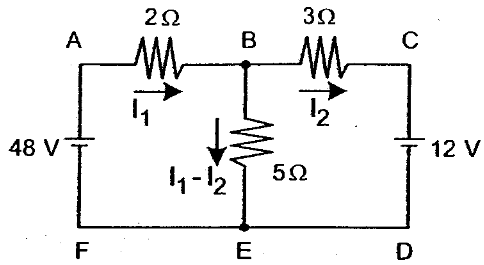
$= 5.42$ แอมแปร์ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 8.2 จากภาพที่ 8.11 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



ภาพที่ 8.11 วงจรคำนวณ ตัวอย่างที่ 8.2

วิธีทำ จากที่โจทย์กำหนดให้กระแสมีทิศทางการไหลดังภาพ เขียนสมการได้ดังนี้



พิจารณาวงจรที่ 1 A B E F

$$2I_1 + 5(I_1 - I_2) = 48$$

$$7I_1 - 5I_2 = 48 \qquad .....(1)$$

พิจารณาวงจรที่ 2 B C D E

$$-3I_2 + 5(I_1 - I_2) = 12$$

$$5I_1 - 8I_2 = 12 \qquad .....(2)$$

นำสมการที่ (1) และ (2) มาเขียนในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 7 & -5 \\ 5 & -8 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 48 \\ 12 \end{bmatrix}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 48 & -5 \\ 12 & -8 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 7 & -5 \\ 5 & -8 \end{vmatrix}} = \frac{-384 + 60}{-56 + 25}$$

$$= \frac{-324}{-31}$$

$$= 10.452 \text{ แอมแปร์}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_2

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 7 & 48 \\ 5 & 12 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{84 - 240}{-31}$$

$$= \frac{-156}{-31}$$

$$= 5.032 \text{ แอมแปร์}$$

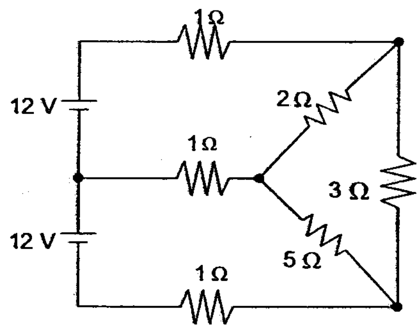
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 2 โอห์ม $= I_1 = 10.452$ แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 3 โอห์ม $= I_2 = 5.032$ แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 5 โอห์ม $= I_1 - I_2 = 10.452 - 5.032$

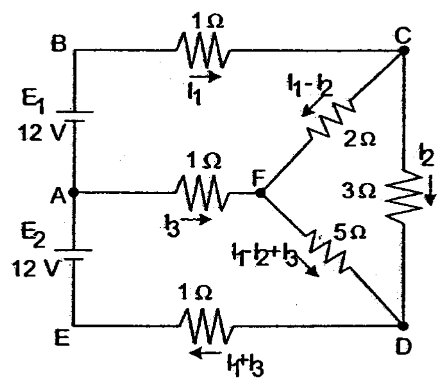
$= 5.42$ แอมแปร์ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 8.3 จากภาพที่ 8.12 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



ภาพที่ 8.12 วงจรคำนวณ ตัวอย่างที่ 8.3

วิธีทำ กำหนดให้กระแสมีทิศทางการไหลดังภาพ เขียนสมการได้ดังนี้



พิจารณาวงจรที่ 1 A B C F

$$1I_1 + 2(I_1 - I_2) - 1I_3 = 12$$

$$1I_1 + 2I_1 - 2I_2 - 1I_3 = 12$$

$$3I_1 - 2I_2 - 1I_3 = 12 \quad .....(1)$$

พิจารณาวงจรที่ 2 A F D E

$$1I_3 + 5(I_1 - I_2 + I_3) + 1(I_1 + I_3) = 12$$

$$6\,I_1 - 5\,I_2 + 7\,I_3 = 12 \quad .....(2)$$

พิจารณาวงจรที่ 3 C D F

$$-2(I_1 - I_2) + 3I_2 - 5(I_1 - I_2 + I_3) = 0$$

$$-7I_1 + 10I_2 - 5I_3 = 0 \quad .....(3)$$

นำสมการที่ (1) (2) และ (3) มาเขียนในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 3 & -2 & -1 \\ 6 & -5 & 7 \\ -7 & 10 & 5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 12 \\ 0 \end{bmatrix}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 12 & -2 & -1 \\ 12 & -5 & 7 \\ 0 & 10 & -5 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 3 & -2 & -1 \\ 6 & -5 & 7 \\ -7 & 10 & -5 \end{vmatrix}}$$

$$= \frac{300 - 120 - 840 - 120}{75 + 98 - 60 + 35 - 210 - 60} = \frac{-780}{-122}$$

$$= 6.393 \text{ แอมแปร์}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_2

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 3 & 12 & -1 \\ 6 & 12 & 7 \\ -7 & 0 & -5 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$= \frac{-180 - 588 - 84 + 360}{-122} = \frac{-492}{-122}$$

$$= 4.033 \text{ แอมแปร์}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_3

$$\frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 3 & -2 & 12 \\ 6 & -5 & 12 \\ -7 & 10 & 0 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$= \frac{168 + 720 - 420 - 360}{-122} = \frac{108}{-122}$$

$$= -0.885 \text{ แอมแปร์}$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม = I_1 = 6.393 แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม = I_3 = - 0.885 แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 1 โอห์ม = $I_1 + I_3$ = 6.393 + (-0.885)

= 5.508 แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 3 โอห์ม = I_2 = 4.033 แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 2 โอห์ม = $I_1 - I_2$ = 6.393 - 4.033

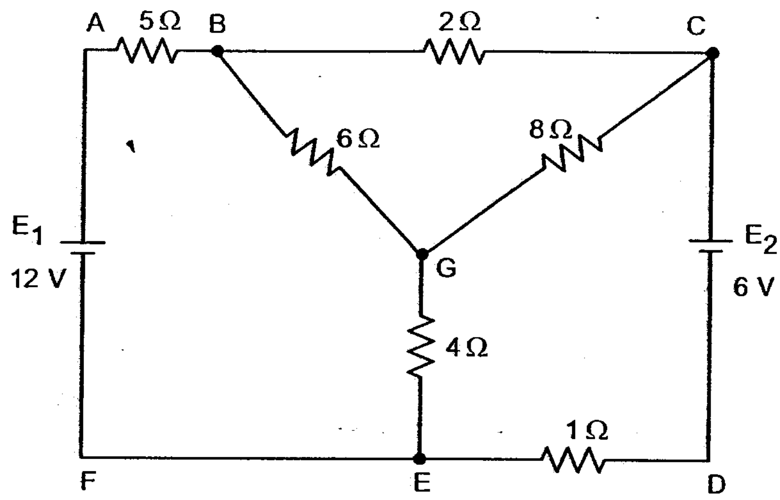
= 2.36 แอมแปร์ **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 5 โอห์ม = $I_1 - I_2 + I_3$

= 6.393 - 4.033 + (-0.885)

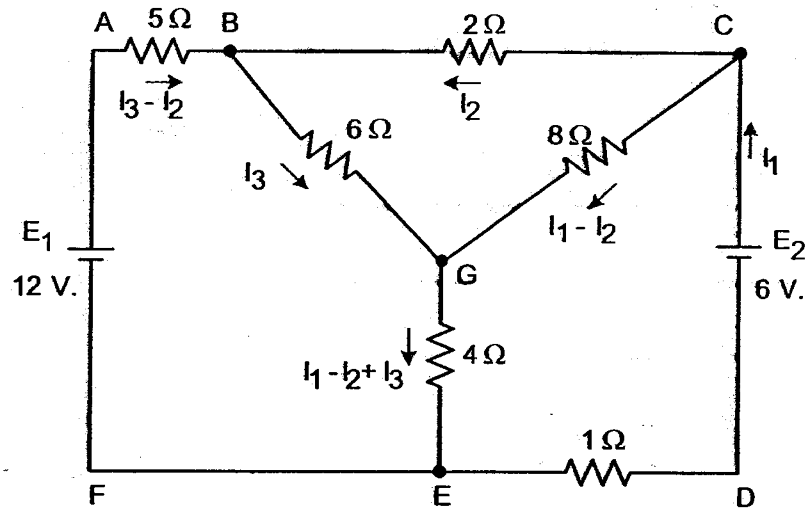
= 1.475 แอมแปร์ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 8.4 จากภาพที่ 8.13 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน 6 โอห์ม และ 2 โอห์ม



ภาพที่ 8.13 วงจรคำนวณ ตัวอย่างที่ 8.4

วิธีทำ กำหนดให้กระแสมีทิศทางการไหลดังภาพ เขียนสมการได้ดังนี้



พิจารณาวงจรที่ 1 A B G E F

$$5(I_3 - I_2) + 6I_3 + 4(I_1 - I_2 + I_3) = 12$$

$$5I_3 - 5I_2 + 6I_3 + 4I_1 - 4I_2 + 4I_3 = 12$$

$$4I_1 - 9I_2 + 15I_3 = 12 \quad .....(1)$$

พิจารณาวงจรที่ 2 B C G

$$8(I_1 - I_2) - 6I_3 - 2I_2 = 0$$

$$8I_1 - 10I_2 - 6I_3 = 0 \qquad .....(2)$$

พิจารณาวงจรที่ 3 C D E G

$$8(I_1 - I_2) + 4(I_1 - I_2 + I_3) + 1I_1 = 6$$

$$13I_1 - 12I_2 + 4I_3 = 6 \qquad .....(3)$$

นำสมการที่ (1) (2) และ (3) มาเขียนในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 4 & -9 & 15 \\ 8 & -10 & -6 \\ 13 & -12 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 0 \\ 6 \end{bmatrix}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_2

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 12 & 15 \\ 8 & 0 & -6 \\ 13 & 6 & 4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & -9 & 15 \\ 8 & -10 & -6 \\ 13 & -12 & 4 \end{vmatrix}}$$

$$= \frac{-936 + 720 + 144 - 384}{-160 + 702 - 1440 + 1950 - 288 + 288} = \frac{-456}{1052}$$

$$= -0.433 \text{ แอมแปร์}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_3

$$\frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 4 & -9 & 12 \\ 8 & -10 & 0 \\ 13 & -12 & 6 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

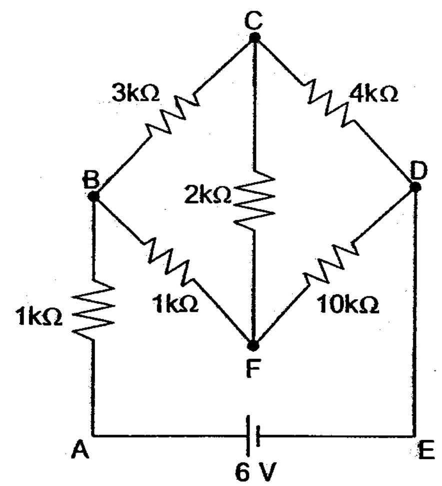
$$= \frac{-240 - 1152 + 1560 + 432}{1052} = \frac{600}{1052}$$

$$= 0.570 \text{ แอมแปร์}$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 6 โอห์ม = I_3 = 0.570 แอมแปร์ **ตอบ**

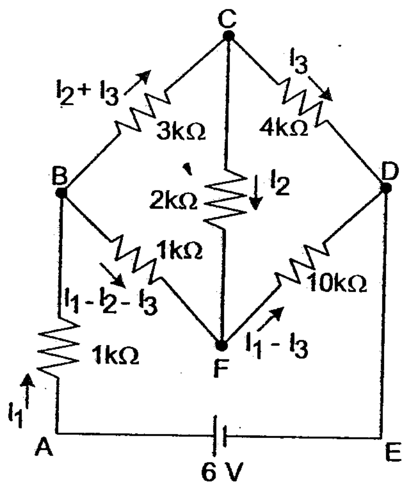
กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 2 โอห์ม = I_2 = -0.433 แอมแปร์ **ตอบ**

ตัวอย่างที่ 8.5 จากภาพที่ 8.14 จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน 2 กิโลโอห์ม และกำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน 4 กิโลโอห์ม



ภาพที่ 8.14 วงจรคำนวณ ตัวอย่างที่ 8.5

วิธีทำ กำหนดให้กระแสมีทิศทางการไหลดังภาพ เขียนสมการได้ดังนี้



พิจารณาวงจรที่ 1 A B F D E

$$1I_1 + 1(I_1 - I_2 - I_3) + 10(I_1 - I_3) = 6$$

$$1I_1 + 1I_1 - 1I_2 - 1I_3 + 10I_1 - 10I_3 = 6$$

$$12I_1 - I_2 - 11I_3 = 6 \quad \text{.....(1)}$$

พิจารณาวงจรที่ 2 B C F

$$3(I_2 + I_3) + 2I_2 - 1(I_1 - I_2 - I_3) = 0$$

$$3I_2 + 3I_3 + 2I_2 - 1I_1 + 1I_2 + 1I_3 = 0$$

$$-1I_1 + 6I_2 + 4I_3 = 0 \quad \text{.....(2)}$$

พิจารณาวงจรที่ 3 C D F

$$4I_3 - 10(I_1 - I_3) - 2I_2 = 0$$

$$4I_3 - 10I_1 + 10I_3 - 2I_2 = 0$$

$$14I_3 - 2I_2 - 10I_1 = 0$$

$$5I_1 + 1I_2 - 7I_3 = 0 \quad \text{.....(3)}$$

นำสมการที่ (1) (2) และ (3) มาเขียนในรูปเมทริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} -12 & -1 & -11 \\ -1 & 6 & 4 \\ 5 & 1 & -7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_2

$$\frac{\Delta I_2}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 12 & 6 & -11 \\ -1 & 0 & 4 \\ 5 & 0 & -7 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 12 & -1 & -11 \\ -1 & 6 & 4 \\ 5 & 1 & -7 \end{vmatrix}}$$

$$= \frac{120 - 42}{-504 - 20 + 11 + 330 - 48 + 7} = \frac{78}{-224}$$

$$= -0.348 \text{ มิลลิแอมแปร์}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_3

$$\frac{\Delta I_3}{\Delta} = \frac{\begin{vmatrix} 12 & -1 & 6 \\ -1 & 6 & 0 \\ 5 & 1 & 0 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{-6 - 180}{-224}$$

$$= 0.83 \text{ มิลลิแอมแปร์}$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 2 กิโลโอห์ม = I_2 = -0.348 มิลลิแอมแปร์ ตอบ

กำลังไฟฟ้าความต้านทาน 4 กิโลโอห์ม $P = I_3^2 \times 4\,k\Omega = 0.83^2 \times 4$

$= 2.756$ **มิลลิวัตต์ ตอบ**

บทสรุป

กฎของเคอร์ชอฟฟ์เหมาะสำหรับแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อน เช่น มีแหล่งจ่ายไฟหลายแหล่ง หรือมีการต่อความต้านทานหลายวงจรย่อย ซึ่งไม่สามารถใช้กฎของโอห์มในการหาคำตอบได้ กฎของเคอร์ชอฟฟ์ มี 2 ข้อ ดังนี้

กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กล่าวว่า ณ จุดใดๆ ในวงจรไฟฟ้า ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสที่ไหลเข้าและไหลออกมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือจุดใดจุดหนึ่งในวงจรไฟฟ้า ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจะมีค่าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออก

ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า = ผลรวมของกระแสที่ไหลออก

หรือ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้า - ผลรวมของกระแสที่ไหลออก = 0

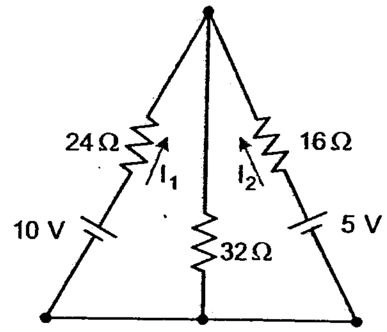
กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กล่าวว่า ในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันมีค่าเท่ากับศูนย์ หรือ ในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ ผลรวมของแรงดันที่จ่ายให้แก่วงจรไฟฟ้า มีค่าเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานทั้งวงจร

ผลรวมของแรงดันไฟฟ้า = ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทาน

หรือ ผลรวมของแรงดันไฟฟ้า – ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทาน = 0

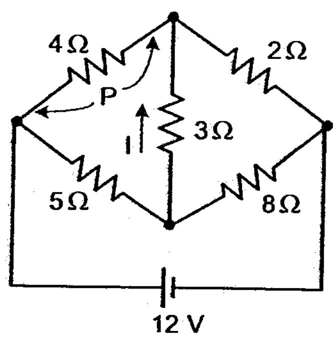
แบบฝึกหัด

8.1) จงหาค่า I_1 และ I_2



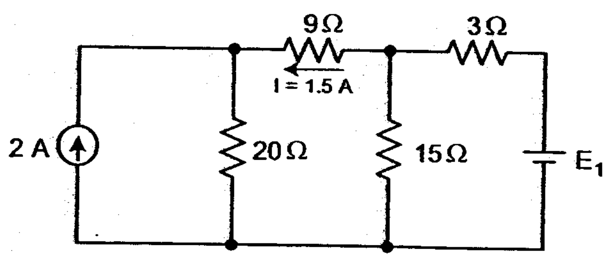
ข้อที่ 8.1

8.2) จงหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 3 โอห์ม และกำลังไฟฟ้าที่ 4 โอห์ม



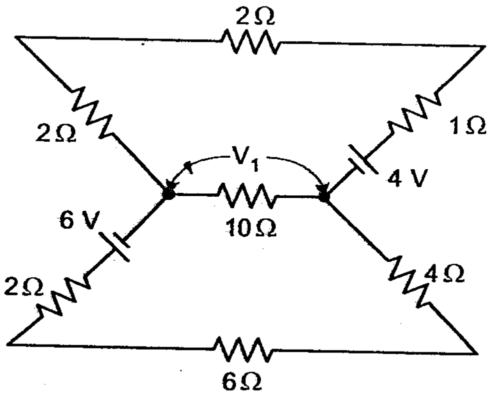
ข้อที่ 8.2

8.3) จงหาค่าแรงดัน E_1 เมื่อกำหนดให้กระแสไหลผ่านความต้านทาน 9 โอห์ม มีค่าเท่ากับ 1.5 แอมแปร์



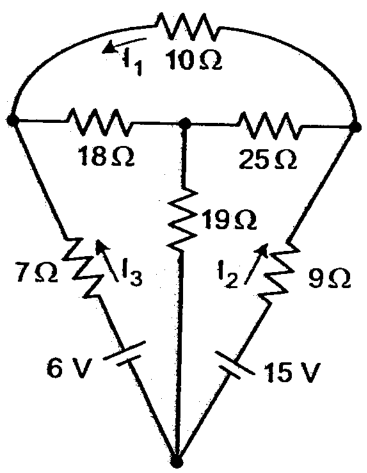
ข้อที่ 8.3

8.4) จงหาค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทาน 10 โอห์ม



ข้อที่ 8.4

8.5) จงหาค่า I_1 I_2 และ I_3



ข้อที่ 8.5

บทที่ 9
การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าวิธีเมชเคอร์เรนท์
(Mesh Current Method Analysis)

บทนำ

การแก้ปัญหาและวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีวงจรซับซ้อน สามารถใช้วิธีการแก้ปัญหาโจทย์ได้หลายวิธีด้วยกัน นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษได้คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาและวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าให้ง่ายขึ้น เรียกว่า วิธีลูป (Loop Method หรือ Loop Current) โดยการแบ่งวงจรไฟฟ้าที่ซับซ้อน เป็นวงจรย่อย หรือเป็นลูป แล้วกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลวนอยู่ในวงจรปิดนั้นๆ การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรย่อยสามารถกำหนดให้ไหลไปทางไหนก็ได้ แต่โดยทั่วไปจะกำหนดทิศทางการไหลตามเข็มนาฬิกา หรือให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย การแก้ปัญหาและวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าแบบนี้เรียกว่า วิธีเมชเคอร์เรนท์ (Mesh Current Method)

หลักการวิธีเมชเคอร์เรนท์

นักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ ชื่อ เจมส์ คลาค แมกซ์เวลล์ (James Clerk Maxwell) ดังภาพที่ 9.1 ได้คิดค้นวิธีการแก้ปัญหาและวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่ยุ่งยากและซับซ้อนให้ง่ายขึ้น คือ วิธีเมชเคอร์เรนท์ หรือ ทฤษฎีแมกซ์เวลล์ โดยการแบ่งวงจรไฟฟ้าให้เป็นวงจรย่อย แล้วกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลวนในวงจรปิดนั้นๆ ซึ่งแต่ละวงจรแยกเป็นอิสระต่อกัน การกำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้าจะสมมติให้ไหลไปทางไหนก็ได้ เมื่อคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าแล้ว ถ้าได้ค่าเป็นลบแสดงว่าทิศทางกระแสไฟฟ้าที่สมมติขึ้นไหลสวนทางกับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลจริง กระแสไฟฟ้าที่ไหลวนในวงจร เรียกว่า เมชเคอร์เรนท์ หรือลูปเคอร์เรนท์

ภาพที่ 9.1 เจมส์ คลาค แมกซ์เวลล์

การนำวิธีเมชเคอร์เรนท์มาใช้ในการแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าเพื่อคำนวณค่าทางไฟฟ้ามีขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลวนในวงจรปิด และสมมติทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า (Loop Curent) ในวงจรย่อยแต่ละวงจร
2. ตั้งสมการโดยอาศัยหลักการของเคอร์ชอฟฟ์ คือ ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออก และผลรวมของแรงดันที่จ่ายให้แก่วงจรเท่ากับผลรวมของแรงดันที่ตกคร่อมความต้านทานทั้งวงจร
3. แก้สมการโดยวิธีเมทริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์

การกำหนดลูปเคอร์เรนท์ (Loop Current) เป็นการกำหนดกระแสไฟฟ้าให้ไหลในวงจรย่อยพร้อมทั้งสมมติทิศทางการไหลของกระแส เพื่อ**ตั้งสมการหาค่าทางไฟฟ้า**ต่างๆ โดยเมื่อคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าแล้ว ได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าทิศทางกระแสไฟฟ้าที่สมมติขึ้นไหลไปทางเดียวกับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลจริง แต่ถ้าได้ค่าเป็นลบ แสดงว่าทิศทางกระแสไฟฟ้าที่สมมติขึ้นไหลสวนทางกับทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ไหลจริง

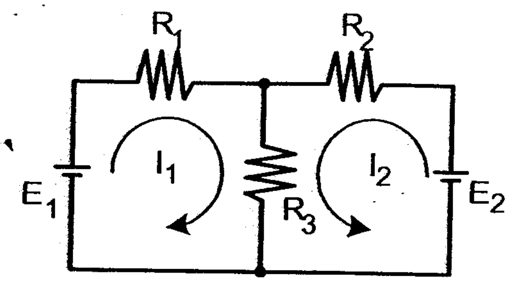
การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสในวงจรมี 2 วิธี คือ

1. กระแสไหลวนในวงจร
2. กระแสไหลซ้อนในวงจร

การเลือกสมมติทิศทางการไหลแบบใด เราสามารถเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่จะแก้ปัญหาโจทย์ได้ง่ายที่สุดเท่าที่จะกระทำได้ นอกจากนี้ลักษณะของลูปเคอร์เรนท์ที่พบโดยทั่วไปก็มีหลายกรณี ดังนี้

- **กรณี 2 ลูป** กำหนดให้กระแสไหลในวงจรปิดใด ๆ 2 ลูป ดังภาพที่ 9.2 และ ภาพที่ 9.3

วิธีที่ 1 กระแสไหลวนในวงจร



ภาพที่ 9.2 กระแสไหลวนในวงจร 2 ลูป

จากภาพที่ 9.2 กระแสที่ไหลในวงจรก็คือกระแสไหลวนหรือเมชเคอร์เรนท์ I_1 และ I_2 นั่นเอง จะเห็นได้ว่า กระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R_1 มีค่าเท่ากับกระแส I_1 กระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับกระแส I_2 และกระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับกระแส $I_1 + I_2$ เนื่องจากทิศทางการไหลของกระแสทั้งสองมีทิศทางเดียวกัน แต่ถ้าทิศทางการไหลของกระแสทั้ง**สองสวนทางกัน** กระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R_3 จะมีค่าเท่ากับกระแส $I_1 - I_2$

พิจารณาวงจรที่ 1 เขียนสมการได้ดังสมการที่ 9.1

$$I_1R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = E_1$$

$$I_1(R_1 + R_3) + I_2R_3 = E_1 \qquad .....(9.1)$$

พิจารณาวงจรที่ 2 เขียนสมการได้ดังสมการที่ 9.2

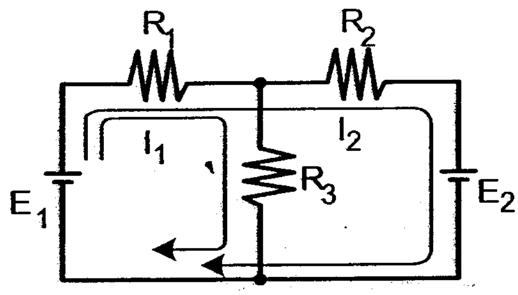
$$I_2R_2 + (I_2 + I_1) R_3 = E_2$$

$$I_1R_3 + I_2(R_2 + R_3) = E_2 \qquad .....(9.2)$$

นำสมการที่ 9.1 และ 9.2 มาเขียนในรูปเมทริกซ์ แล้วแก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้า (I_1 และ I_2)

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

วิธีที่ 2 กระแสไหลซ้อนในวงจร



ภาพที่ 9.3 กระแสไหลซ้อนในวงจร 2 ลูป

จากภาพที่ 9.3 กระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับกระแส I_1 เพียงค่าเดียว ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าได้ทันที ต่างจากวิธีกระแสไหลวนในวงจรที่ต้องคำนวณหาค่า I_1 และ I_2 ก่อน แล้วจึงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน R_3 ได้ ดังนั้นการเขียนวงจรแบบกระแสไหลซ้อนในวงจรจะทำให้การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน R_3 ง่ายและรวดเร็วกว่าการคำนวณด้วยวิธีกระแสไหลวนในวงจร

พิจารณาวงจรที่ 1 เขียนสมการได้ ดังสมการที่ 9.3

$$(I_1 + I_2)R_1 + I_1R_3 = E_1$$

$$I_1(R_1 + R_3) + I_2R_1 = E_1 \qquad .....(9.3)$$

พิจารณาวงจรที่ 2 เขียนสมการได้ ดังสมการที่ 9.4

$$(I_1 + I_2)R_1 + I_2R_2 = E_1 - E_2$$

$$I_1R_1 + I_2(R_1 + R_2) = E_1 - E_2 \qquad .....(9.4)$$

นำสมการที่ 9.3 และ 9.4 มาเขียนในรูปเมทริกซ์ แล้วแก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้า (I_1 และ I_2)

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