บทที่ 2

การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

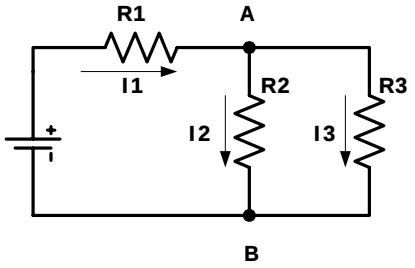
(DC Circuit Analysis)

การหาค่าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงสามารถหาได้จาก

1. วิธีของกฎเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff′s Law)
2. วิธีของเมช (Mesh method)
3. วิธีของโนด (Node method)

1. **วิธีของกฎเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchoff′s Law)** มี 2 กฎ คือ

1.1 กฎของกระแส (Kirchoff′s Current Law) ซึ่งกล่าวว่าผลรวมของกระแสไฟฟ้า ณ จุดใดๆในวงจรไฟฟ้าจะเท่ากับศูนย์



รูปที่ 1- 1

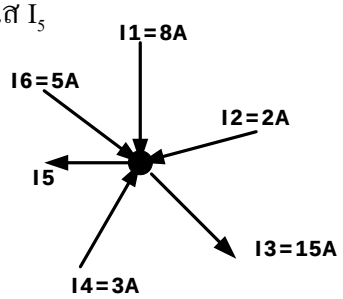
จากรูปที่1-1 ณ ที่จุดA หรือที่จุด B จะได้สมการ

$$I_1 = I_2 + I_3$$

$$\therefore I_1 - I_2 - I_3 = 0$$

$$\sum I = 0$$

<u>ตัวอย่าง</u> จากรูปจงคำนวณหาค่ากระแส I_5



รูปที่ 1- 2

จากรูปรูปที่ 1- 2 ค่ากระแส I5

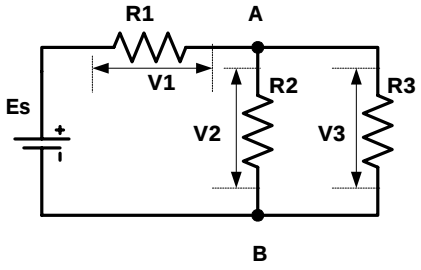
กระแสไหลเข้า = กระแสไหลออก

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

$$8A + 2A + 3A + 5A = 15A + I_5$$

$$\therefore I_5 = 18A - 15A = 3A$$

1.2 กฎของแรงดันไฟฟ้า (Kirchoff′s Voltage Law) ซึ่งกล่าวว่าผลรวมของแรงดันไฟฟ้า ในวงจรปิดใดๆ จะเท่ากับศูนย์



รูปที่ 1- 3

จากรูปที่1-3 โดยใช้คุณสมบัติของวงจรอนุกรมและวงจรขนานจะได้

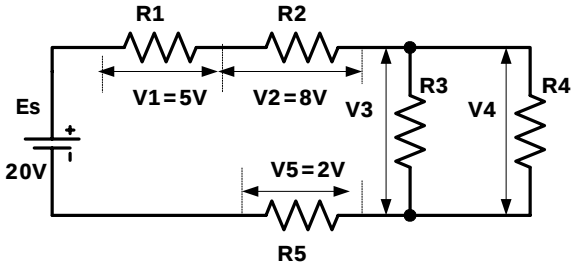
$$E_s = V_1 + V_2 \quad \text{(วงจรอนุกรม)}$$

และ $$V_2 = V_3 \quad \text{(วงจรขนาน)}$$

ดังนั้นในวงจรปิดใดๆจะได้ $E_s - V_1 + V_2 = 0$ หรือ $\sum V = 0$ และ $V_2 - V_3 = 0$ หรือ $\sum V = 0$

<u>ตัวอย่าง 1</u> จากวงจรดังรูปที่ 1- 4 จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทาน R3 โดยวิธีของเคอร์ชอฟฟ์

<u>วิธีทำ</u>



รูปที่ 1-4

จากวงจรรูปที่ 1-4

$$V_3 = V_4$$

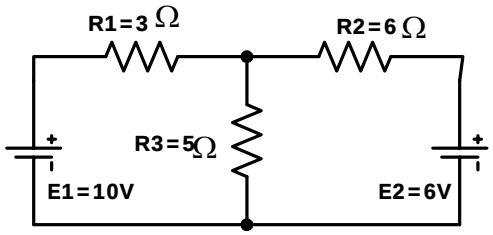
$$E_s = V_1 + V_2 + V_3 + V_5$$

$$V_3 = 20V - (5V + 8V + 2V)$$

$$V_3 = 5V$$

ตัวอย่าง 2 จากวงจรดังรูปที่ 1-5 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าผ่านความต้านทานแต่ละตัว

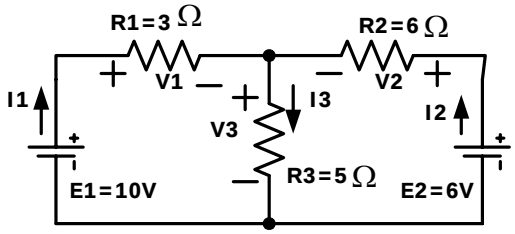
วิธีทำ



รูปที่ 1-5

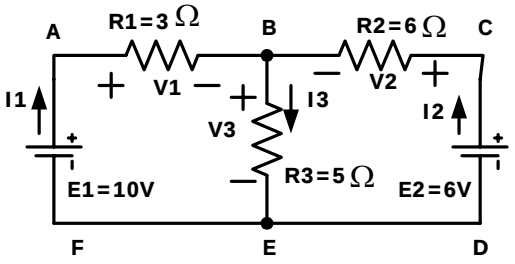
ขั้นตอนการคำนวณ

1. กำหนดทิศทางกระแสที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายแต่ละอันโดยกำหนดให้กระแสไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายและกระแสไหลผ่านความต้านทานตัวที่ไม่มีแหล่งจ่าย(R2)
2. กำหนดขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวความต้านทานโดยกำหนดให้จุดที่กระแสไหลเข้าเป็นขั้วบวก เสมอรูปที่ 1-6



รูปที่ 1-6

3. กำหนดอักษรกำกับในแต่ละจุดเพื่อตั้งสมการรูปที่ 1-7



รูปที่ 1-7

3. ตั้งสมการโดยกำหนดวง(Loop) ของการคำนวณจากอักษรที่กำหนด เช่น ABEFA จะได้สมการตามกฎข้อที่ 2 ของเคอร์ชอฟฟ์ดังนี้

ณ ที่จุด B สมการกระแสจะได้ $I_1 + I_2 = I_3$

$$V_1 + V_3 = E_1$$

$$I_1 \cdot R_1 + I_3 \cdot R_3 = E_1$$

$$\because I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_1 \cdot R_1 + (I_1 + I_2) \cdot R_3 = E_1$$

$$I_1 \cdot R_1 + I_1 \cdot R_3 + I_2 \cdot R_3 = E_1$$

$$I_1 (R_1 + R_3) + I_2 \cdot R_3 = E_1$$

4. ตั้งสมการโดยกำหนดวง(Loop) ของการคำนวณจากอักษรที่กำหนด เช่น BCDEB จะได้สมการตามกฎข้อที่ 2 ของเคอร์ชอฟฟ์ดังนี้

$$V_2 + V_3 = E_2$$

$$I_2 \cdot R_2 + I_3 \cdot R_3 = E_2$$

$$\because I_1 + I_2 = I_3$$

$$I_2 \cdot R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$$

$$I_2 \cdot R_2 + I_1 \cdot R_3 + I_2 \cdot R_3 = E_2$$

$$I_1 \cdot R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2$$

จากสมการ

$$I_1 (R_1 + R_3) + I_2 \cdot R_3 = E_1$$

$$I_1 \cdot R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2$$

กำหนดในฟอร์มของเมทริคได้ดังนี้

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

แทนค่าในฟอร์มของดีเทอร์มิแนนท์

$$\begin{vmatrix} 3+5 & 5 \\ 5 & 6+5 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10 \\ 6 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 8 & 5 \\ 5 & 11 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10 \\ 6 \end{vmatrix}$$

กำหนดให้

$$\Delta R = \begin{vmatrix} 8 & 5 \\ 5 & 11 \end{vmatrix} = (8 \times 11) - (5 \times 5)$$

$$\Delta R = 63$$

แทนค่าเพื่อหาค่า I_1

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 5 \\ 6 & 11 \end{vmatrix}}{\Delta R} = \frac{(10\times 11)-(6\times 5)}{63}$$

$$I_1 = 1.27\ A$$

แทนค่าเพื่อหาค่า I_2

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 8 & 10 \\ 5 & 6 \end{vmatrix}}{\Delta R} = \frac{(8\times 6)-(5\times 10)}{63}$$

$$I_2 = -0.03A$$

ดังนั้น

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$I_3 = 1.27+(-0.03)$$

$$I_3 = 1.24A$$

2. วิธีของเมช (Mesh method)

ขั้นตอนการคำนวณ

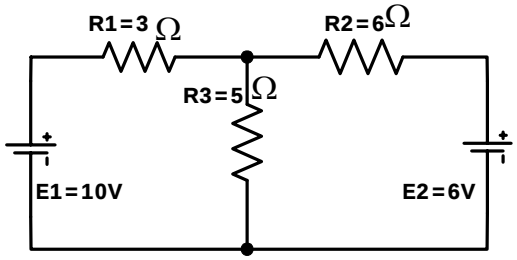
2.1 กำหนดทิศทางของกระแสในแต่ละวงจร (Loop)

2.2 ตั้งสมการของแรงดันไฟฟ้าโดยพิจารณาจากทิศทางของกระแสทีละวงจรที่ไหลผ่านความต้านทานในวงจรนั้นให้ครบถ้วนก่อน จึงมาพิจารณาทิศทางของกระแสที่ไหลผ่านความต้านทานร่วมกัน ถ้าทิศทางของ**กระแสเสริมกันให้นำมาบวก**กัน ถ้าทิศทาง**กระแสไหลสวนทางกันให้นำมาลบ**กัน

2.3 พิจารณากระแสในวงจรถัดมาในลักษณะทำนองเดียวกัน

<u>ตัวอย่าง</u> 3 จากวงจรดังรูปที่ 1-8 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าผ่านความต้านทานแต่ละตัวโดยวิธีของเมช

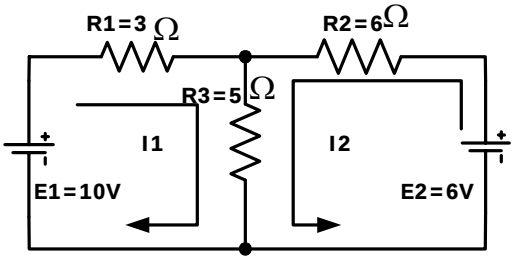
<u>วิธีทำ</u>



รูปที่ 1-8

ขั้นตอนการคำนวณ

1. กำหนดทิศทางของกระแสในแต่ละวงจร (Loop) รูปที่ 1-9



รูปที่ 1-9

2. ตั้งสมการของแรงดันไฟฟ้าโดยพิจารณาจากทิศทางของกระแสทีละวงจรที่ไหลผ่านความต้านทานในวงจรนั้นให้ครบถ้วนก่อน จึงมาพิจารณาทิศทางของกระแสที่ไหลผ่านความต้านทานร่วมกัน

ถ้าทิศทางของ**กระแสเสริมกันให้นำมาบวก**กัน ถ้าทิศทาง**กระแสไหลสวนทางกันให้นำมาลบ**กัน

$$(R_1 + R_3)I_1 + R_3I_2 = E_1 \quad \text{(1)}$$

3. พิจารณากระแสในวงจรถัดมาในลักษณะทำนองเดียวกัน

$$R_3I_1 + (R_2 + R_3)I_2 = E_2 \quad \text{(2)}$$

นำสมการ 1 และ 2 มากำหนดในฟอร์มของเมทริคได้ดังนี้

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

แทนค่าในฟอร์มของดีเทอร์มิแนนท์

$$\begin{vmatrix} 3+5 & 5 \\ 5 & 6+5 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10 \\ 6 \end{vmatrix}$$

$$\begin{vmatrix} 8 & 5 \\ 5 & 11 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} I_1 \\ I_2 \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 10 \\ 6 \end{vmatrix}$$

กำหนดให้

$$\Delta R = \begin{vmatrix} 8 & 5 \\ 5 & 11 \end{vmatrix} = (8 \times 11) - (5 \times 5)$$

$$\Delta R = 63$$

แทนค่าเพื่อหาค่า I_1

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 5 \\ 6 & 11 \end{vmatrix}}{\Delta R} = \frac{(10 \times 11) - (6 \times 5)}{63}$$

$$I_1 = 1.27\ A$$

แทนค่าเพื่อหาค่า I_2

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 8 & 10 \\ 5 & 6 \end{vmatrix}}{\Delta R} = \frac{(8\times6)-(5\times10)}{63}$$

$$I_2 = -0.03A$$

ดังนั้น

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$I_3 = 1.27+(-0.03)$$

$$I_3 = 1.24A$$

3. วิธีของโนด (Node method)

ขั้นตอนการคำนวณ

3.1 กำหนดปมหรือNode อ้างอิง

3.2 กำหนดปมหลักหรือ Principle Node

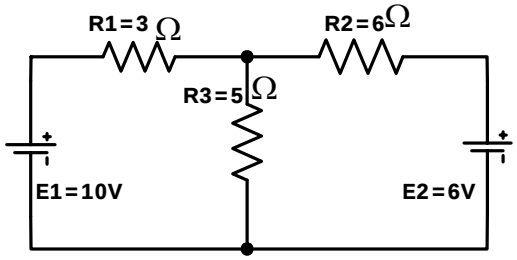
3.3 กำหนดให้ศักย์ไฟฟ้าของปมหลักหรือ Principle Nodeมีศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปมอ้างอิง

3.4 ตั้งสมการกระแสจากจุดปมหลัก

3.5 แทนค่าสมการกระแสในเทอมของแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทาน

ตัวอย่าง จากวงจรดังรูปที่ 1-10 จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าผ่านความต้านทานแต่ละตัวโดยวิธีของโนด

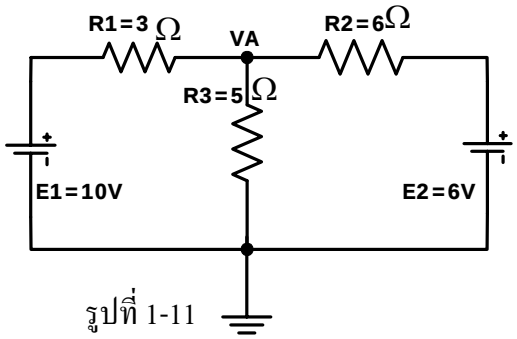
วิธีทำ



รูปที่ 1-10

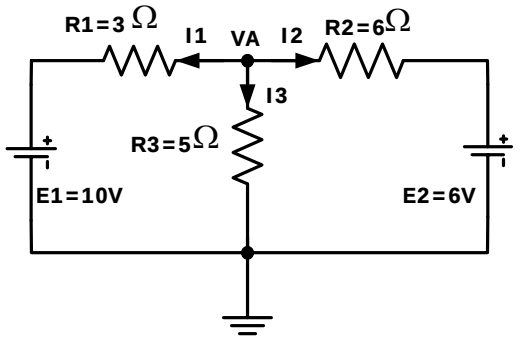
ขั้นตอนการคำนวณ

1. กำหนดปมหรือNode อ้างอิง คือจุดกราวน์ในวงจร
2. กำหนดปมหลักหรือ Principle Nodeคือจุด V_A ในวงจร รูปที่ 1-11



รูปที่ 1-11

3. กำหนดให้ศักย์ไฟฟ้าของปมหลักหรือ Principle Nodeมีศักย์ไฟฟ้าสูงที่สุดเมื่อเทียบกับปมอ้างอิง



รูปที่ 1-12

4. ตั้งสมการกระแสจากจุดปมหลักจะได้สมการดังนี้

$$I_1+I_2+I_3 = 0$$

5. แทนค่าสมการกระแสในเทอมของแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานจะได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{V_A-E_1}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_A-E_2}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_A}{R_3}$$

แทนค่าในสมการกระแสจะได้

$$(\frac{V_A-E_1}{R_1}) + (\frac{V_A-E_2}{R_2}) + \frac{V_A}{R_3} = 0$$

แทนค่าแรงดันไฟฟ้าและค่าความต้านทานจะได้

$$(\frac{V_A-10}{3}) + (\frac{V_A-6}{6}) + \frac{V_A}{5} = 0$$

$$\frac{10V_A-100+5V_A-30+6V_A}{30} = 0$$

$$21V_A = 130$$

$$V_A = \frac{130}{21} = 6.19\ V$$

แทนค่า V_A หาค่า I_1 I_2 และ I_3 จะได้ดังนี้

$$I_1 = (\frac{6.19V-10V}{3\Omega}) = -1.27\ A$$

$$I_2 = (\frac{6.19V-6V}{6\Omega}) = 0.03\ A$$

$$I_3 = (\frac{6.19V}{5\Omega}) = 1.24\ A$$

จะเห็นว่ากระแสค่า I_1 มีเครื่องหมายติดลบแสดงว่าทิศทางของกระแส I_1 ไหลในทิศทางตรงกันข้ามกับที่กำหนดในวงจร