

# ทบทวนการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า

## **Circuit Analysis Review**

Arnon Isaramongkolrak

Department of Electrical Engineering  
Nakhon pathom Rajabhat University

# หัวข้อที่จะทบทวน

- ทฤษฎีการวางซ้อน
- ทฤษฎีบทเทวินิน
- ทฤษฎีบทนอร์ตัน

# ทฤษฎีการวางซ้อน

- เนื่องจากวิธีการสร้างสมการโหนด และวิธีกระแสวงรอบของแมกเวลล์มีความยุ่งยาก
- การกำหนดเครื่องหมายของกระแสและแรงดันอาจทำให้เกิดความผิดพลาด

# ทฤษฎีการวางซ้อน

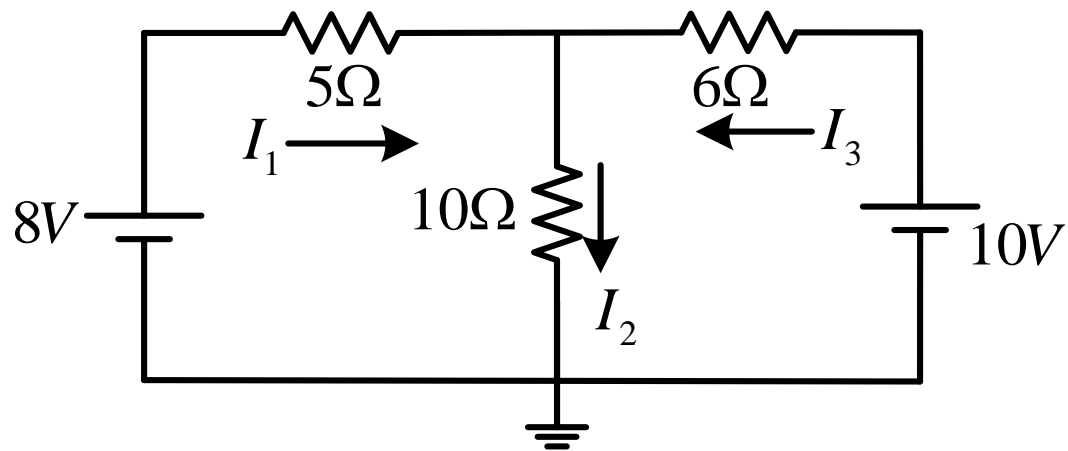
- แหล่งจ่ายไฟถูกพิจารณาแยกกัน
- เปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟที่ไม่ถูกพิจารณาเป็นค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายไฟ
- เหมาะสำหรับวงจรที่มีแหล่งจ่ายไฟหลายแหล่ง
- จำนวนกระแสหรือแรงดันที่เกิดขึ้นเป็นอิสระต่อกัน
- การคำนวณกระแสที่ไหลในวงจร หรือแรงดันตกคร่อมโหลดสามารถคิดจากแหล่งจ่ายนั้นๆที่ละแหล่งจ่ายแยกอิสระกันได้

# ทฤษฎีการวางชั้น

- ขั้นตอนที่ 1 กำหนดทิศกระแสไหลไปทางไหนก็ได้ในวงจร
- ขั้นตอนที่ 2 เลือกพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดันหรือแหล่งจ่ายกระแสทีละแหล่งจ่าย
- ขั้นตอนที่ 3 แหล่งจ่ายที่เหลือให้ **ลัดวงจร (กรณีที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดัน)** และ **เปิดวงจร (กรณีที่เป็นแหล่งจ่ายกระแส)**
- ขั้นตอนที่ 4 ความต้านทานภายในแหล่งจ่าย ถ้ามีให้คงไว้
- ขั้นตอนที่ 5 คำนวณกระแสหรือแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานแต่ละตัวตามทิศที่ถูกต้อง
- ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาแหล่งจ่ายที่เหลือให้ครบ ตามหลักการในขั้นตอนที่ 3
- ขั้นตอนที่ 7 รวมทิศทางของกระแสในแต่ละเส้นก็จะได้ค่ากระแสที่ไหลในวงจรที่แท้จริงตามขั้นตอนที่ 1

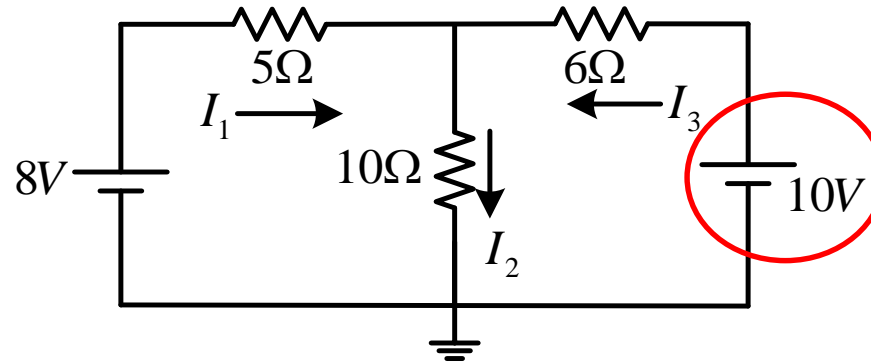
# ตัวอย่างที่ 1.1

จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า  $I_1$   $I_2$  และ  $I_3$  ในวงจร

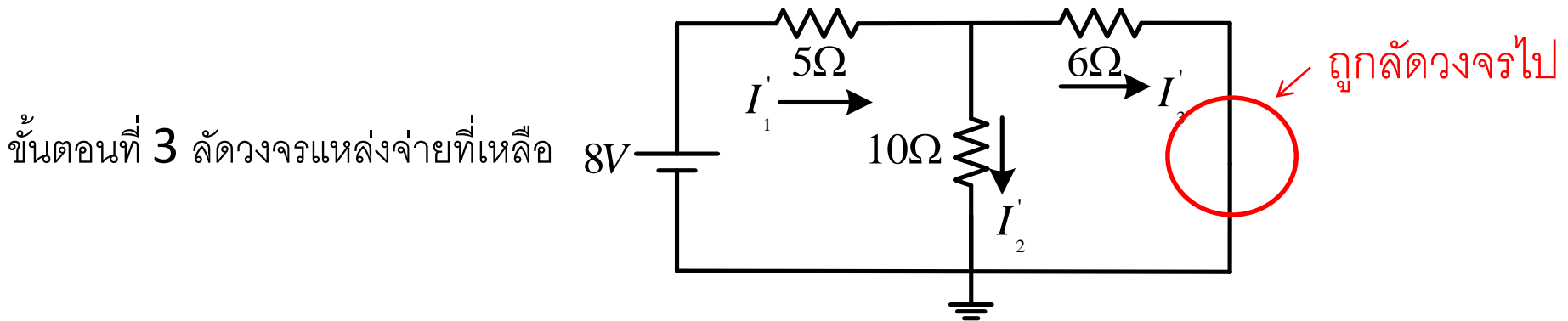


# ตัวอย่างที่ 1.1 (ต่อ)

**วิธีทำ** ขั้นตอนที่ 1 กำหนดทิศทางกระแสไหลของกระแสจะได้ดังภาพ



ขั้นตอนที่ 2 เลือกพิจารณาแหล่งจ่าย 8V



ขั้นตอนที่ 3 ลัดวงจรแหล่งจ่ายที่เหลือ

# ตัวอย่างที่ 1.1 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลในวงจร

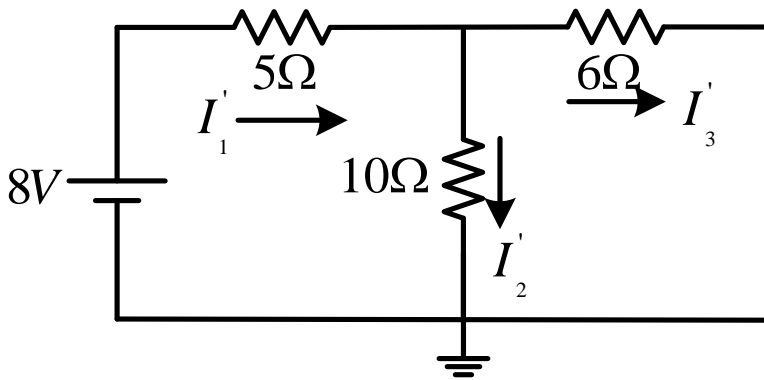
อาศัยกฎของโอห์มจะได้ว่า

$$I'_1 = \frac{E_1}{R_1 + (R_2 // R_3)}$$

$$I'_1 = \frac{8}{5 + \left(\frac{10 \times 6}{10 + 6}\right)} = 0.914A$$

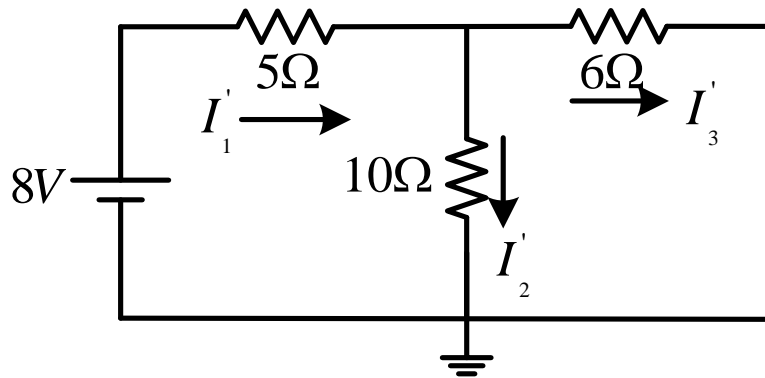
อาศัยการแบ่งกระแสจะได้ว่า  $I'_3 = I'_1 \times \left(\frac{R_2}{R_2 + R_3}\right)$

$$I'_3 = 0.914 \times \left(\frac{10}{10 + 6}\right) = 0.571A$$





# ตัวอย่างที่ 1.1 (ต่อ)



อาศัยกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์จะได้ว่า

$$I'_2 = I'_1 - I'_3$$

$$I'_2 = 0.914 - 0.571 = 0.343A$$

จะได้กระแสในวงจรเมื่อพิจารณาที่แหล่งจ่ายไฟ **8V** คือ

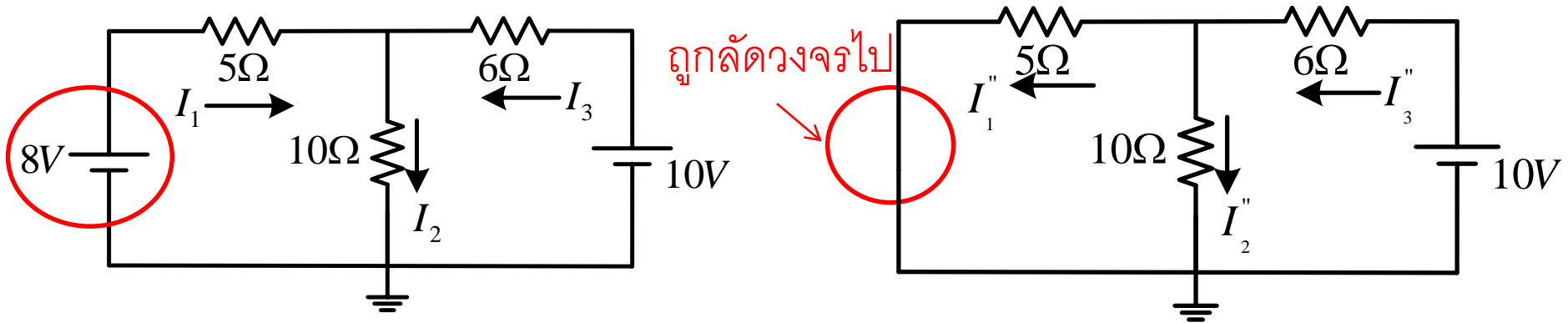
$$I'_1 = 0.914A$$

$$I'_2 = 0.343A$$

$$I'_3 = 0.571A$$

# ตัวอย่างที่ 1.1 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาแหล่งจ่ายที่เหลือให้ครบจะได้ว่า

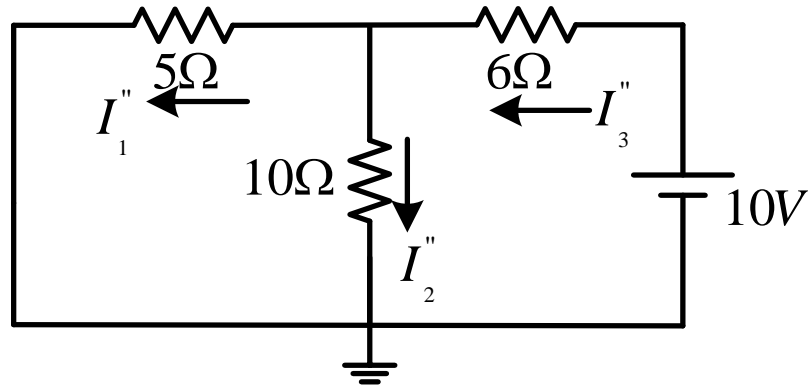


คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลในวงจร

$$I_3'' = \frac{E_2}{R_3 + (R_1 // R_2)} \quad \longrightarrow \quad I_3'' = \frac{10}{6 + \left(\frac{5 \times 10}{5 + 10}\right)} = 1.071A$$

$$I_1'' = I_3'' \times \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2}\right) \quad \longrightarrow \quad I_1'' = 1.071 \times \left(\frac{10}{10 + 5}\right) = 0.714A$$

# ตัวอย่างที่ 1.1 (ต่อ)



$$I_2'' = I_3'' - I_1'' \quad \longrightarrow \quad I_2'' = 1.071 - 0.714 = 0.357 \text{ A}$$

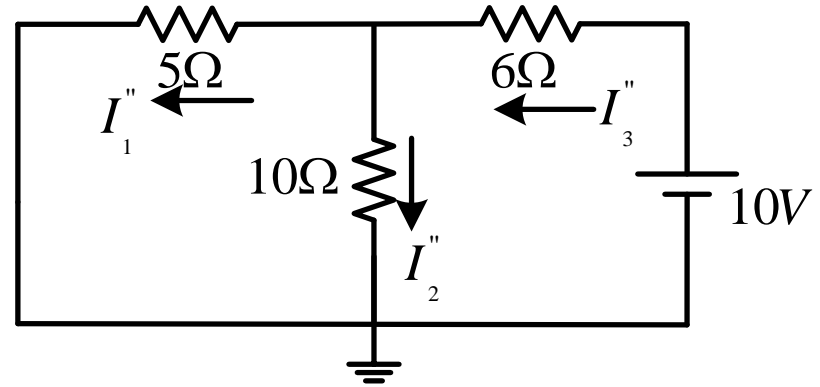
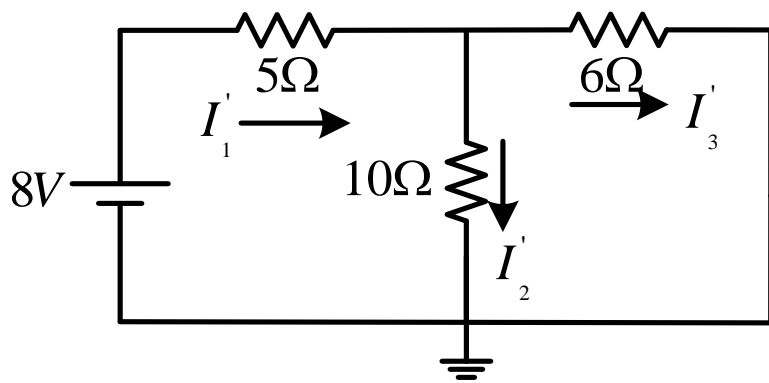
จะได้กระแสในวงจรเมื่อพิจารณาที่แหล่งจ่ายไฟ **10V** คือ

$$I_1'' = 0.714 \text{ A}$$

$$I_2'' = 0.357 \text{ A}$$

$$I_3'' = 1.071 \text{ A}$$

# ตัวอย่างที่ 1.1 (ต่อ)



-ขั้นตอนที่ 7 รวมทิศทางของกระแสในแต่ละเส้นก็จะได้ค่ากระแสที่ไหลในวงจรที่แท้จริงคือ

$$I_1 = I'_1 - I''_1 \quad \longrightarrow \quad I_1 = 0.914 - 0.714 = 0.2A$$

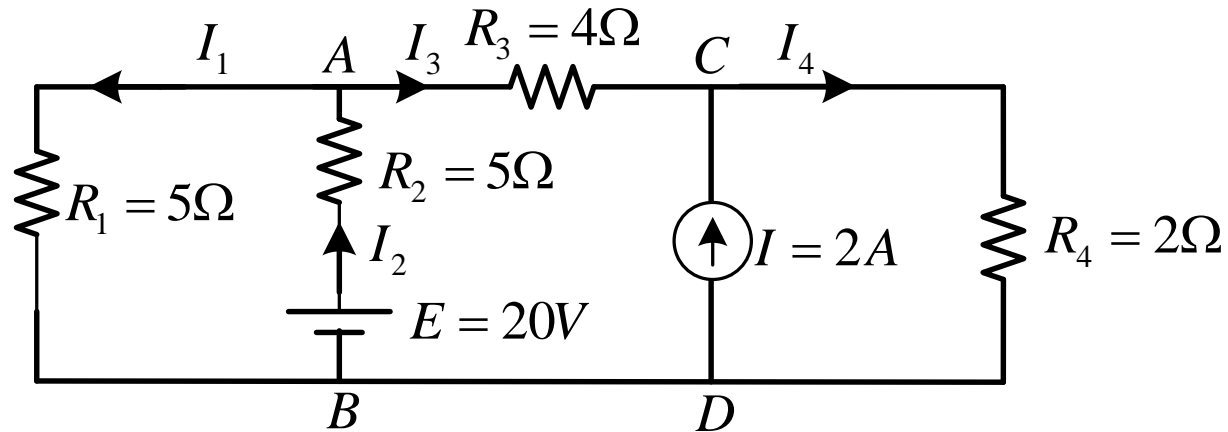
$$I_2 = I'_2 + I''_2 \quad \longrightarrow \quad I_2 = 0.342 + 0.357 = 0.699A$$

$$I_3 = I''_3 - I'_3 \quad \longrightarrow \quad I_3 = 1.071 - 0.571 = 0.5A$$

ตอบ

# ตัวอย่างที่ 1.3

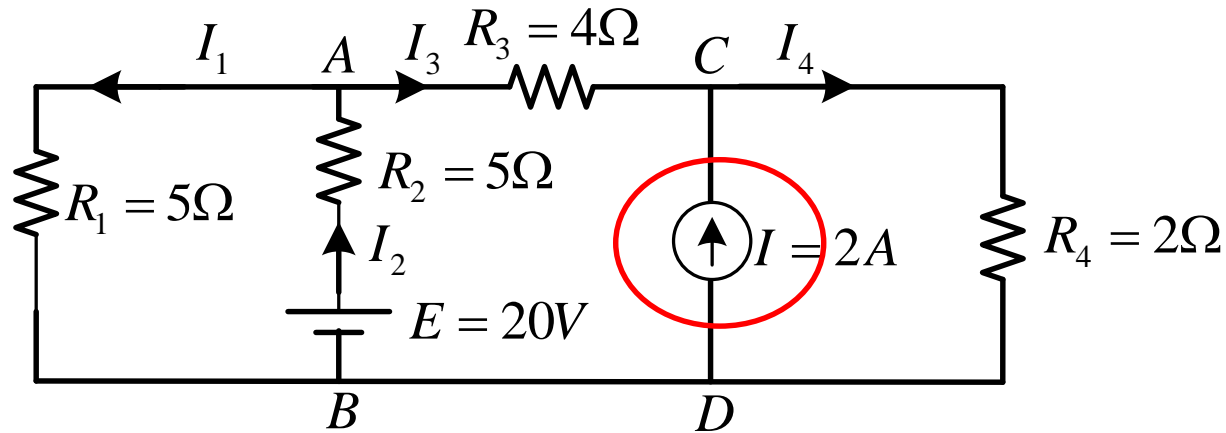
จงคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แพร่กระจายใน  $R_3$  และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_3$



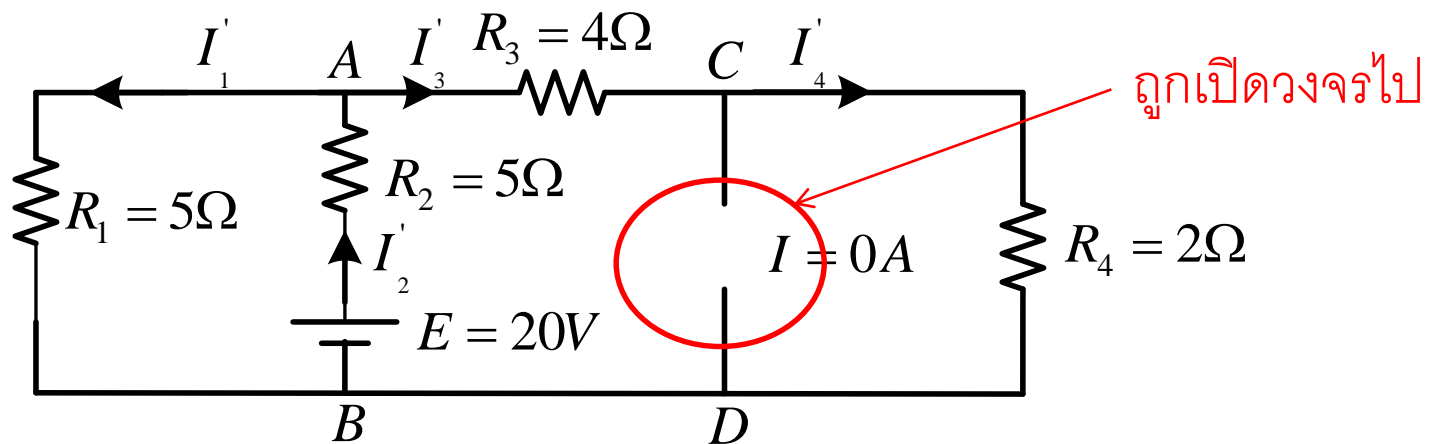
**วิธีทำ** ขั้นตอนที่ 1 กำหนดทิศกระแสไหลไปทางไหนก็ได้ในวงจร

# ตัวอย่างที่ 1.3 (ต่อ)

**วิธีทำ** ขั้นตอนที่ 1 กำหนดทิศกระแสไหลไปทางไหนก็ได้ในวงจร

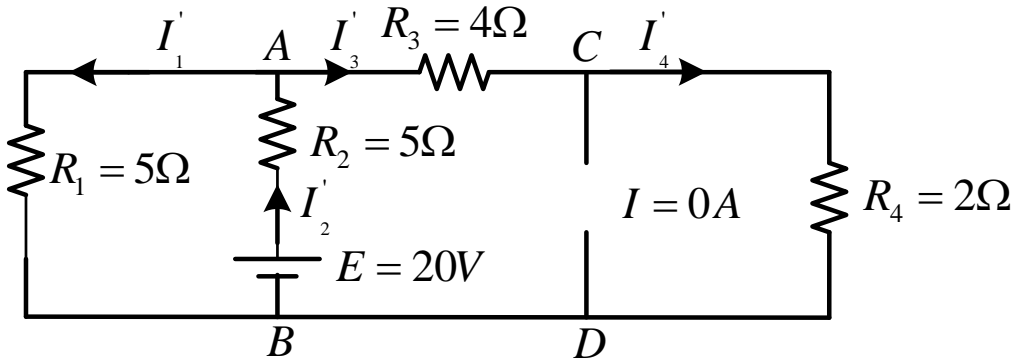


ขั้นตอนที่ 2 และ 3 เลือกพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน ดังนั้นจึงเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสจะได้



# ตัวอย่างที่ 1.3 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณหาค่ากระแสที่ไหลในวงจร



$$R_T = R_2 + (R_1 // (R_3 + R_4))$$

$$R_T = 5 + \left( \frac{5 \times (4 + 2)}{5 + (4 + 2)} \right) = 5 + \left( \frac{30}{11} \right)$$

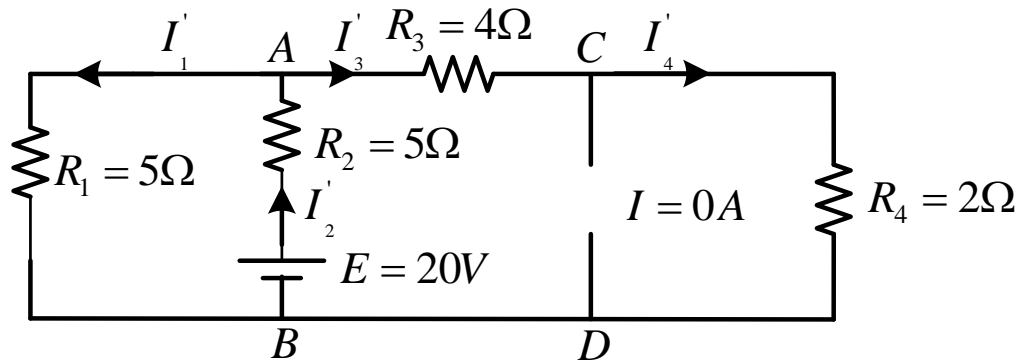
$$R_T = \frac{85}{11}$$

$$I'_2 = \frac{E}{R_T} \quad \longrightarrow \quad I'_2 = 20 \times \frac{11}{85} = 2.588 \text{ A}$$

$$I'_3 = I'_4 = \frac{R_1}{R_1 + (R_3 + R_4)} \times I'_2 \quad \longrightarrow \quad I'_3 = I'_4 = \frac{5}{5 + (4 + 2)} \times 2.588$$

$$I'_3 = I'_4 = 1.176 \text{ A}$$

# ตัวอย่างที่ 1.3 (ต่อ)



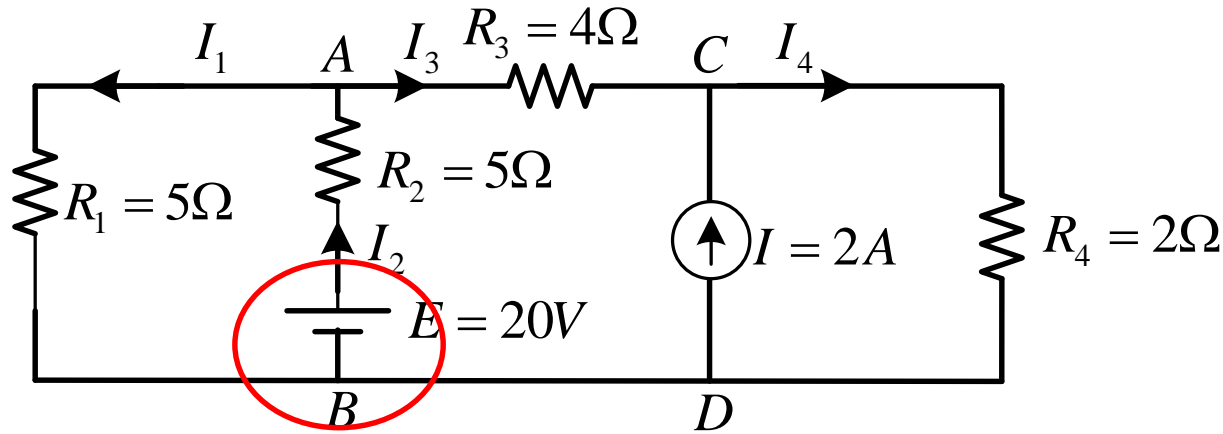
$$I'_1 = I'_2 - I'_3 \quad \longrightarrow \quad I'_1 = 2.588 - 1.176 = 1.412A$$

จะได้กระแสในวงจรเมื่อพิจารณาที่แหล่งจ่ายไฟ 20V คือ

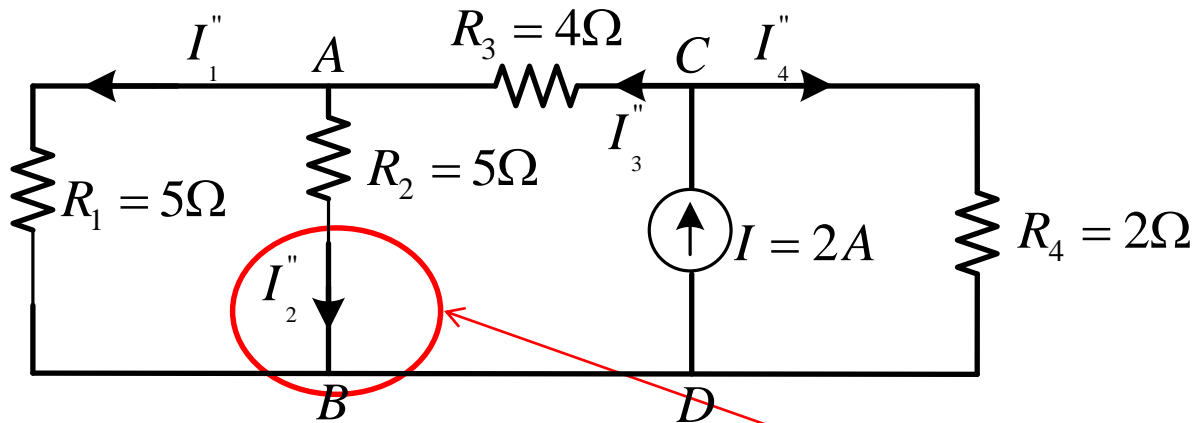
$$I'_1 = 1.412A \quad I'_2 = 2.588A \quad I'_3 = 1.176A \quad I'_4 = 1.176A$$



# ตัวอย่างที่ 1.3 (ต่อ)



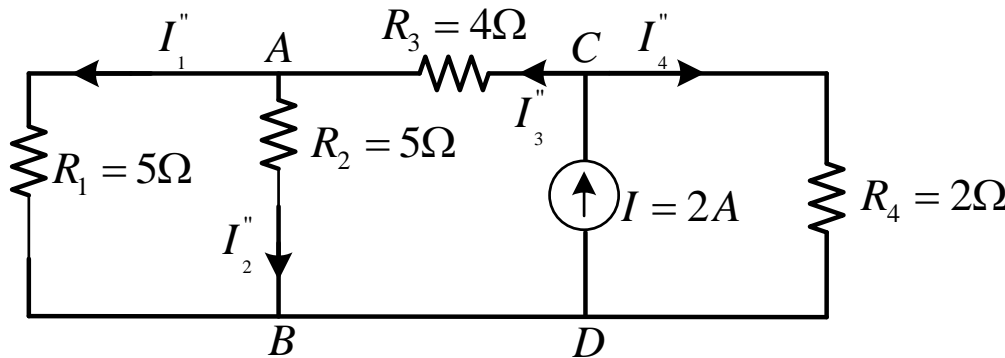
ขั้นตอนที่ 6 พิจารณาแหล่งจ่ายที่เหลือให้ครบจะได้ว่า



ถูกลัดวงจรไป

# ตัวอย่างที่ 1.3 (ต่อ)

คำนวณค่ากระแสที่ไหลในวงจรจะได้ว่า

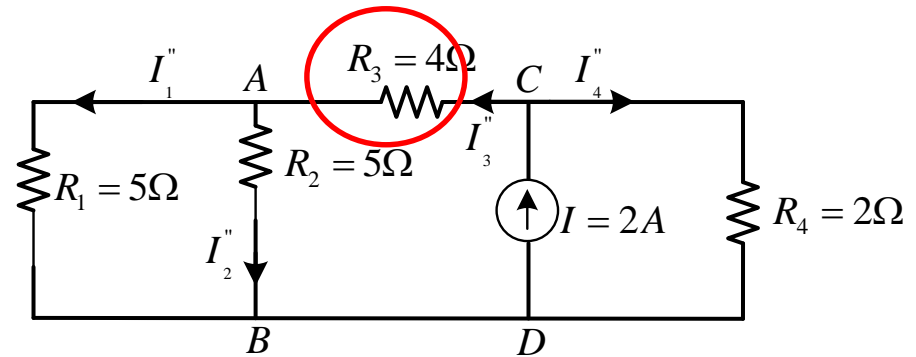
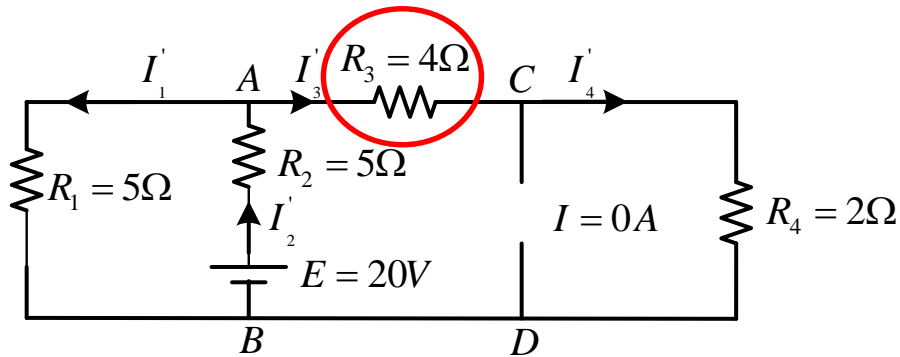


$$R_1 // R_2 = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{5 \times 5}{5 + 5} = 2.5 \Omega$$

$$I_3'' = \frac{R_4}{R_3 + (R_1 // R_2) + R_4} \times I \quad \longrightarrow \quad I_3'' = \frac{2}{4 + (2.5) + 2} \times 2 \quad \longrightarrow \quad I_3'' = \frac{4}{8.5} = 0.471 \text{ A}$$

$$I_4'' = I - I_3'' \quad \longrightarrow \quad I_4'' = 2 - 0.471 \text{ A} \quad \longrightarrow \quad I_4'' = 1.529 \text{ A}$$

# ตัวอย่างที่ 1.3 (ต่อ)



จะได้กระแสที่ไหลผ่าน  $R_3$  คือ  $I_3 = I_3' - I_3'' \Rightarrow I_3 = 1.176 - 0.471 = 0.705A$

สามารถคำนวณหา กำลังไฟฟ้าที่แพร่กระจายใน  $R_3$  คือ

$$P = I_3^2 \times R_3 = 0.705^2 \times 4$$

$$P = 1.99W \quad \text{ตอบ}$$

# ทฤษฎีบทของเทวินิน

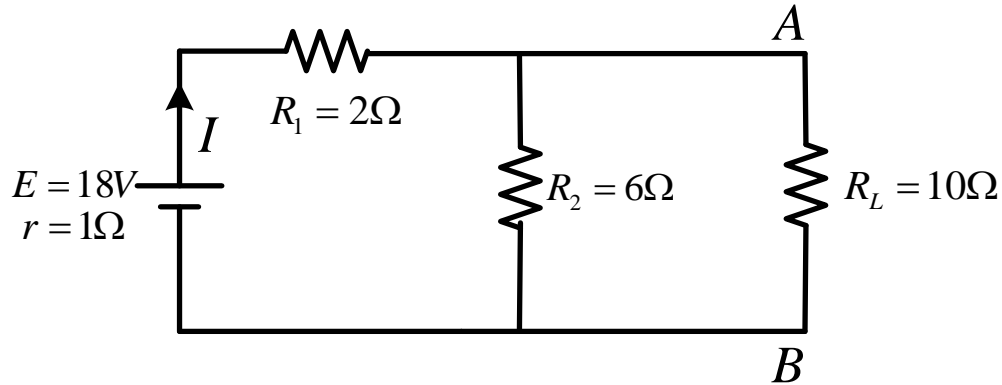
- เหมาะสำหรับการหากระแสไหลผ่านโหลดที่มีค่าความต้านทานคงที่หรืออาจเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่ต้องสร้างสมการใหม่
- เปลี่ยนวงจรเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต่ออนุกรมกับความต้านทาน
- ถ้าจะหากระแสไหลผ่านค่าความต้านทานตัวไหน ให้ปลดค่าความต้านทานตัวนั้นออก
- ค่าแรงดันที่ตกคร่อมระหว่างจุดที่ปลด เรียกว่า แรงดันเทวินิน
- ค่าความต้านทานรวม ณ จุดที่ปลดออก เรียกว่า ความต้านทานเทวินิน
- ความต้านทานเทวินินหาได้โดย ลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน หรือเปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแส

# ทฤษฎีบทของเทวินิน

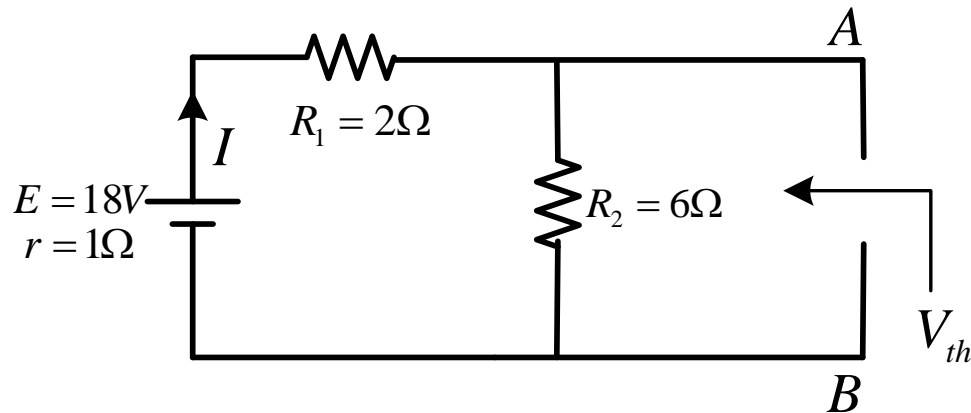
- ขั้นตอนที่ **1** ปลดโหลดความต้านทานออก
- ขั้นตอนที่ **2** หาค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดวงจรโหลด (แรงดันเทวินิน)
- ขั้นตอนที่ **3** หาค่าความต้านทานรวม เมื่อปลดโหลดออก (ความต้านทานเทวินิน)
- ขั้นตอนที่ **4** นำค่าแรงดันเทวินินและความต้านทานเทวินินมาสร้างวงจรเทวินิน โดยอนุกรมกัน
- ขั้นตอนที่ **5** นำโหลดที่ปลดออกใส่กลับเข้าไปที่จุดเดิม
- ขั้นตอนที่ **6** คำนวณกระแสที่ไหลผ่านโหลดได้ตามปกติ

# ตัวอย่างที่ 1.4

จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดความต้านทาน  $10\Omega$

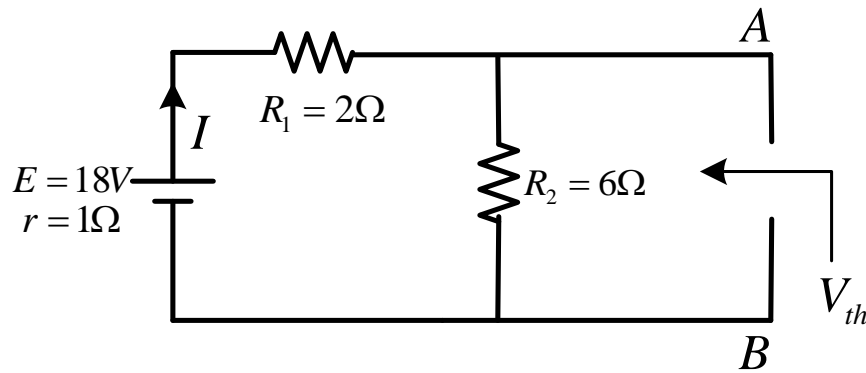


**วิธีทำ** ขั้นตอนที่ 1 ปลดโหลดออก



# ตัวอย่างที่ 1.4 (ต่อ)

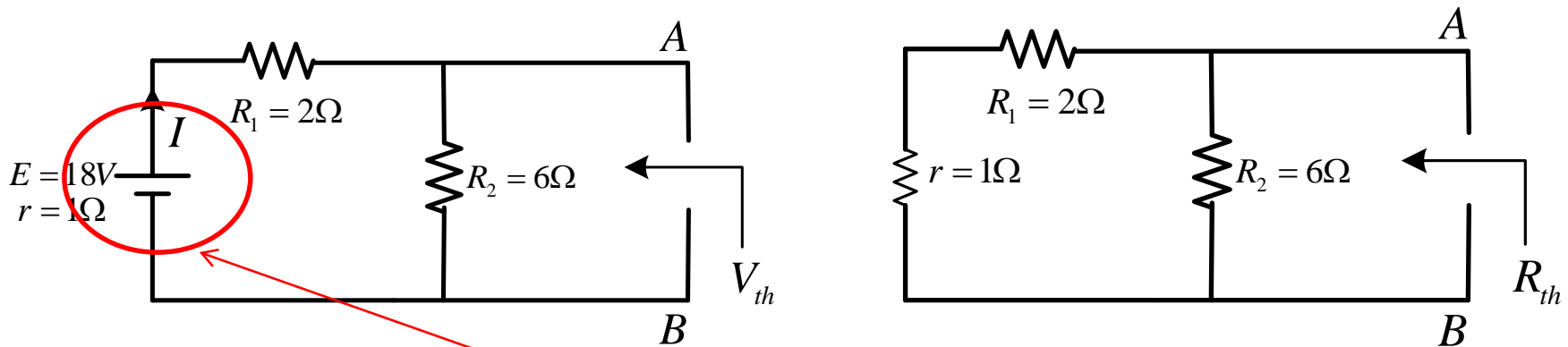
ขั้นตอนที่ 2 หาค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อปลดโหลดออก



$$V_{th} = IR_2 = \frac{ER_2}{r + R_1 + R_2} \quad \longrightarrow \quad V_{th} = \frac{18 \times 6}{1 + 2 + 6} = \frac{108}{9} = 12V$$

# ตัวอย่างที่ 1.4 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณหาค่าความต้านทานเทวินิน โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดัน



ถูกลัดวงจรไป

$$R_{th} = \frac{(r + R_1) \times R_2}{(r + R_1) + R_2}$$



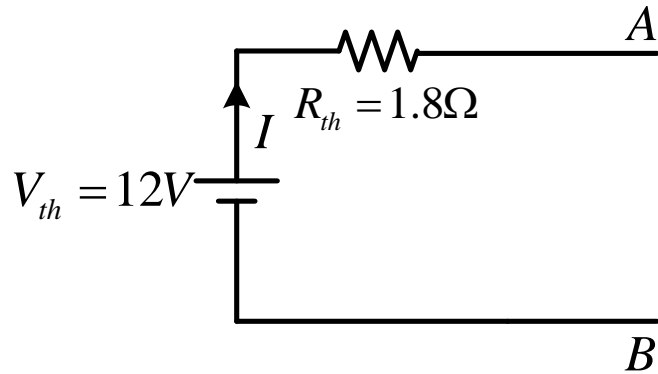
$$R_{th} = \frac{(1 + 2) \times 6}{(1 + 2) + 6} = \frac{18}{10}$$

$$R_{th} = 1.8\Omega$$

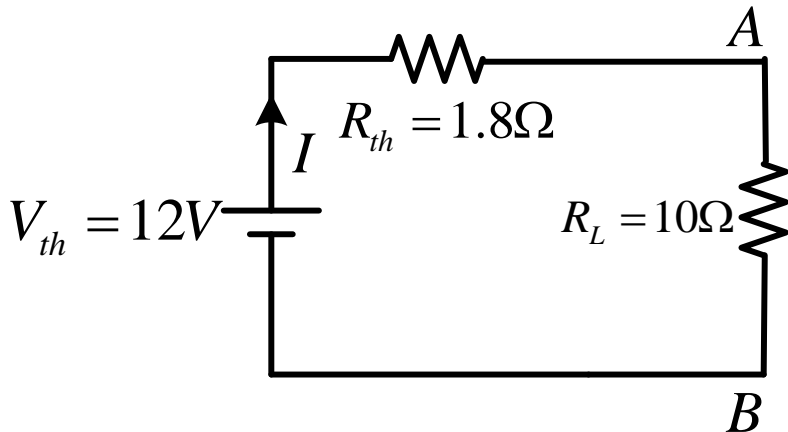


# ตัวอย่างที่ 1.4 (ต่อ)

-ขั้นตอนที่ 4 นำค่าแรงดันเทวินินและความต้านทานเทวินินมาสร้างวงจรเทวินิน โดยอนุกรมกัน



-ขั้นตอนที่ 5 ใส่โหลดกลับเข้าไปที่ขั้ว A-B เพื่อคำนวณหาค่ากระแสที่ไหล

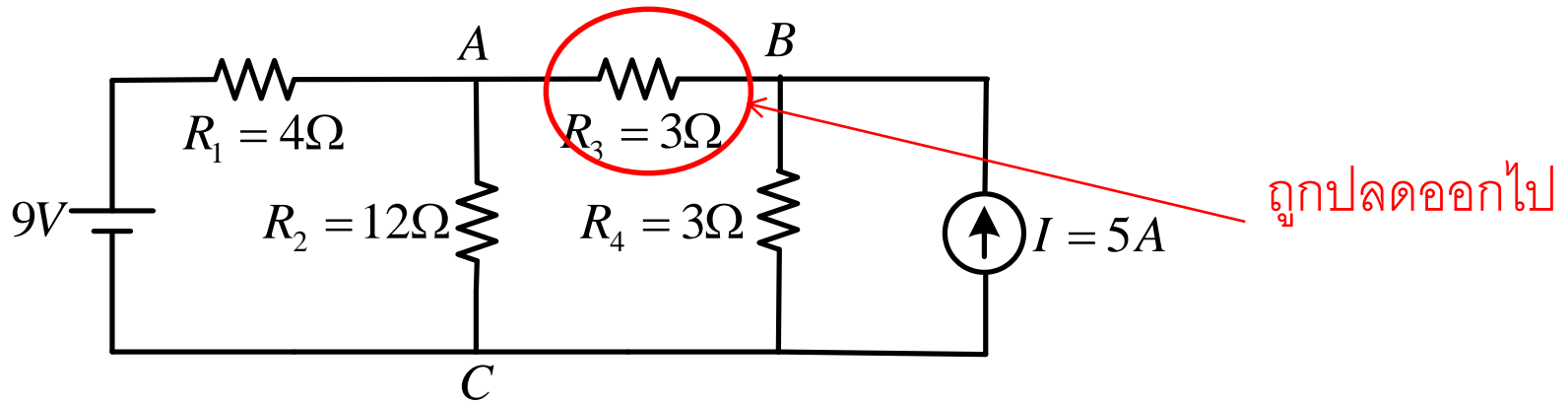


$$I = I_L = \frac{12}{1.8 + 10} = \frac{12}{11.8}$$

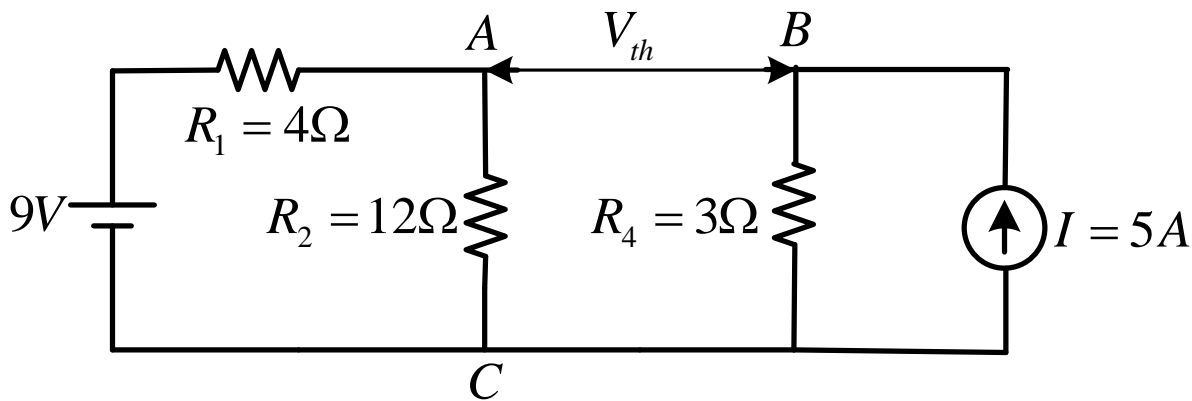
$$I = I_L = 1.016A$$

# ตัวอย่างที่ 1.5

จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดความต้านทาน  $R_3$

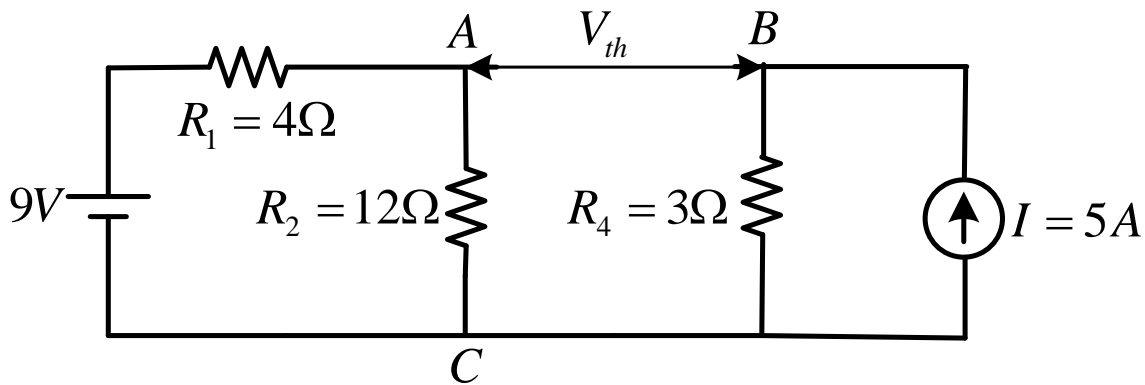


**วิธีทำ** ขั้นตอนที่ 1 ปลดโหลด  $R_3$  ออก



# ตัวอย่างที่ 1.5 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าแรงดันไฟฟ้าเมื่อเปิดโหลด  $R_3$



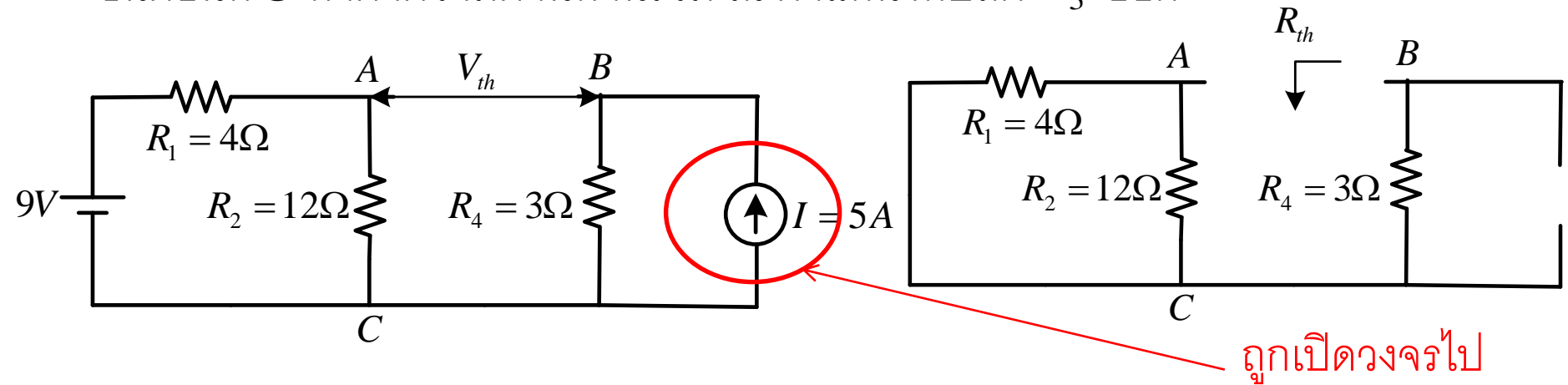
$$V_{AC} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \times E \quad \longrightarrow \quad V_{AC} = \frac{12}{4 + 12} \times 9 = 6.75V$$

$$V_{BC} = I \times R_4 \quad \longrightarrow \quad V_{BC} = 5 \times 3 = 15V$$

$$V_{th} = V_{BA} = V_{BC} - V_{AC} \quad \longrightarrow \quad V_{th} = V_{BA} = 15 - 6.75 = 8.25 V$$

# ตัวอย่างที่ 1.5 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าความต้านทานรวม ณ ตำแหน่งที่ปลด  $R_3$  ออก



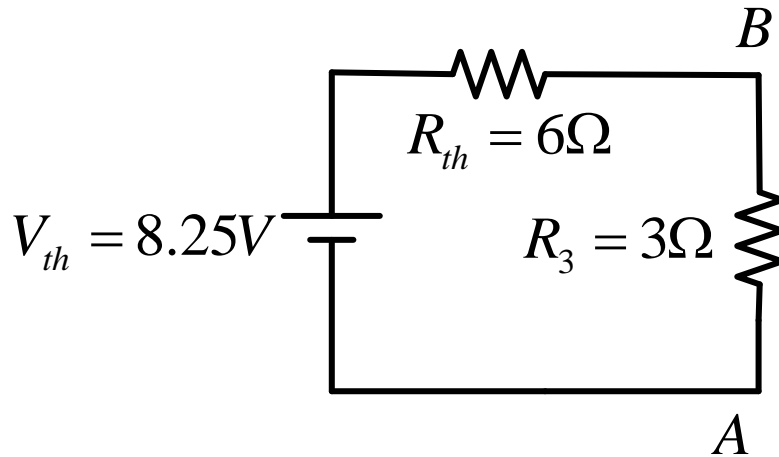
$$R_{AC} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \longrightarrow \quad R_{AC} = \frac{4 \times 12}{4 + 12} = 3\Omega$$

$$R_{AB} = R_{AC} + R_4 \quad \longrightarrow \quad R_{AB} = 3 + 3 = 6\Omega$$

# ตัวอย่างที่ 1.5 (ต่อ)

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าแรงดันเทวินินและความต้านทานเทวินินมาสร้างวงจรเทวินิน โดยอนุกรมกัน

ขั้นตอนที่ 5 นำโหลดที่ปลดออกใส่กลับเข้าไปที่จุดเดิม



$$I = \frac{V_{th}}{R_{th} + R_3} \quad \longrightarrow \quad I = \frac{8.25}{6 + 3} = 0.92A$$

# ทฤษฎีบทของนอร์ตัน

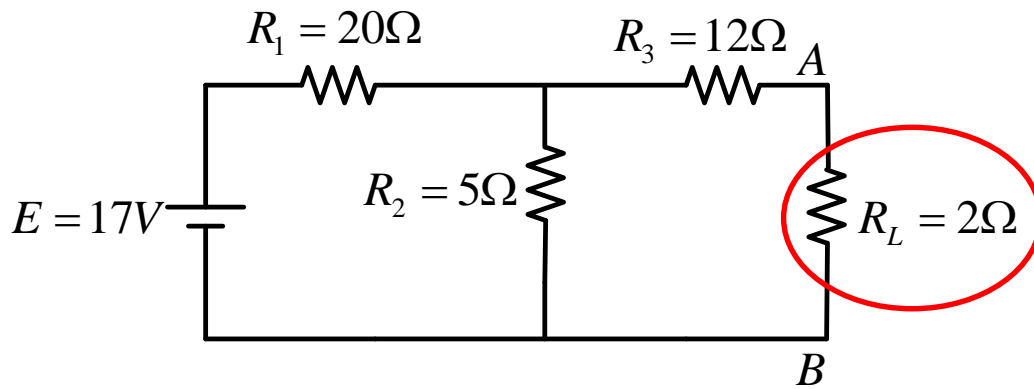
- กลับกันกับทฤษฎีบทของเทวินิน
- พยายามลดทอนวงจรให้เป็นค่าของแหล่งจ่ายกระแสที่ต่อขนานกับค่าความต้านทานหนึ่ง
- ถ้าจะหากระแสไหลผ่านค่าความต้านทานตัวไหน ให้ลัดวงจรค่าความต้านทานตัวนั้น
- ค่ากระแสลัดวงจรจะแทนด้วยแหล่งจ่ายกระแส เรียกว่า แหล่งจ่ายกระแสนอร์ตัน
- ค่าความต้านทานรวม ณ จุดที่ลัดวงจรเรียกว่า ความต้านทานนอร์ตัน
- ความต้านทานนอร์ตัน ใช้วิธีการเดียวกันกับความต้านทานเทวินิน

# ทฤษฎีบทของนอร์ตัน

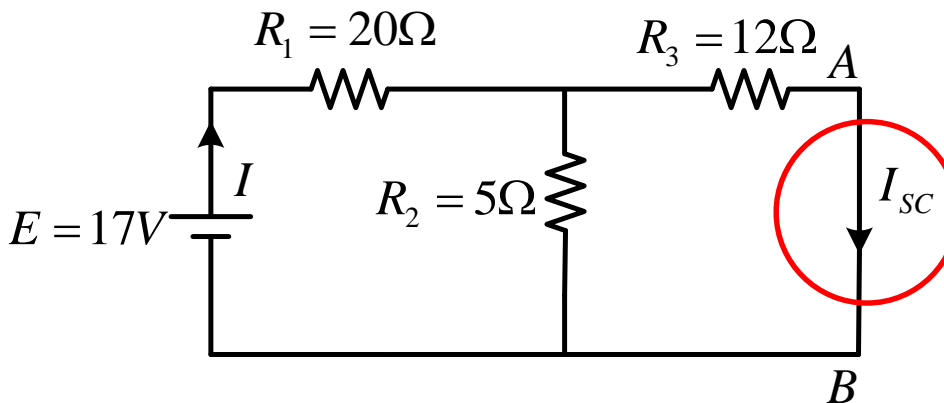
- ขั้นตอนที่ **1** ปลดความต้านทานที่กำลังพิจารณาออกแล้วทำการลัดวงจร
- ขั้นตอนที่ **2** คำนวณหาค่ากระแสลัดวงจร (กระแส Norton)
- ขั้นตอนที่ **3** ปลดแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าออกหมดให้เหลือเพียงความต้านทานของมัน ส่วนแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะถูกลัดวงจร แหล่งจ่ายกระแสจะถูกเปิดวงจรเพื่อหาค่าความต้านทาน Norton
- ขั้นตอนที่ **4** คำนวณค่าความต้านทาน Norton
- ขั้นตอนที่ **5** นำค่าความต้านทาน Norton และแหล่งจ่ายกระแส Norton มาเขียนเป็นวงจรสมมูล Norton ที่อยู่ในรูปของวงจรขนานกัน

# ตัวอย่างที่ 1.6

จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากขั้วของวงจรดังภาพ



**วิธีทำ** -ขั้นตอนที่ 1 ปลดความต้านทานที่กำลังพิจารณาออกแล้วทำการลัดวงจร

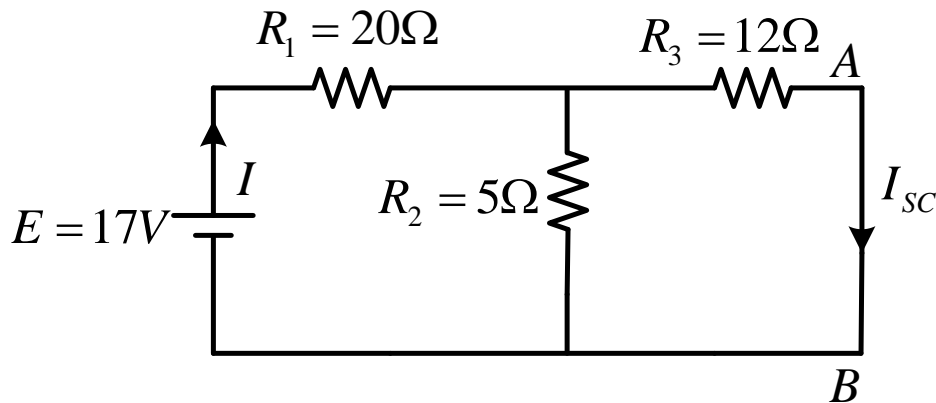


ปลดโหลดออกแล้ว  
ลัดวงจรที่ตำแหน่งที่ปลด



# ตัวอย่างที่ 1.6 (ต่อ)

-ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่ากระแสลัดวงจร



$$R_T = R_1 + (R_2 // R_3)$$

$$R_T = 20 + \left( \frac{5 \times 12}{5 + 12} \right)$$

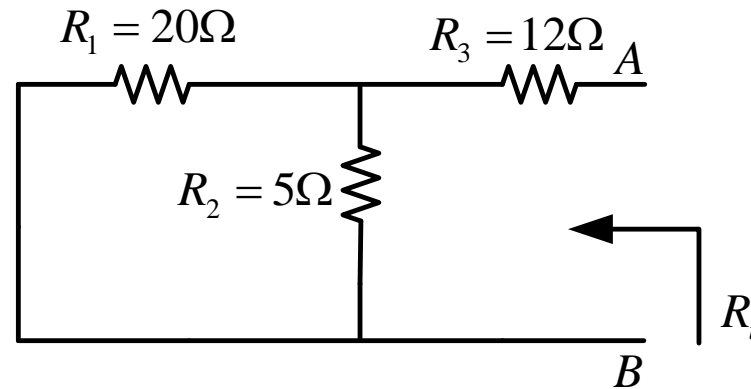
$$R_T = 20 + 3.53 = 23.53\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} \quad \longrightarrow \quad I = \frac{17}{23.53} = 0.722A$$

$$I_{sc} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \times I \quad \longrightarrow \quad I_{sc} = \frac{5}{5 + 12} \times 0.722 = 0.212A$$

# ตัวอย่างที่ 1.6 (ต่อ)

- ขั้นตอนที่ 3 ลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเหลือเพียงเฉพาะค่าความต้านทานในวงจร



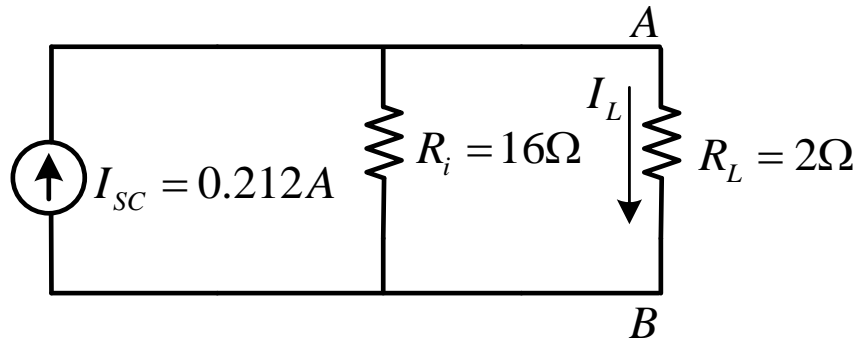
- ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าความต้านทานนอร์ตัน

$$R_i = (R_1 // R_2) + R_3 \quad \longrightarrow \quad R_i = \left( \frac{20 \times 5}{20 + 5} \right) + 12$$

$$R_i = 16\Omega$$

# ตัวอย่างที่ 1.6 (ต่อ)

- ขั้นตอนที่ 5 สร้างวงจรสมมูลของนอร์ตันในรูปแบบของแหล่งจ่ายกระแสต่อขนานกับค่าความต้านทานนอร์ตัน
- ขั้นตอนที่ 6 แทนที่โหลดกลับเข้าไป ณ ตำแหน่งเดิม

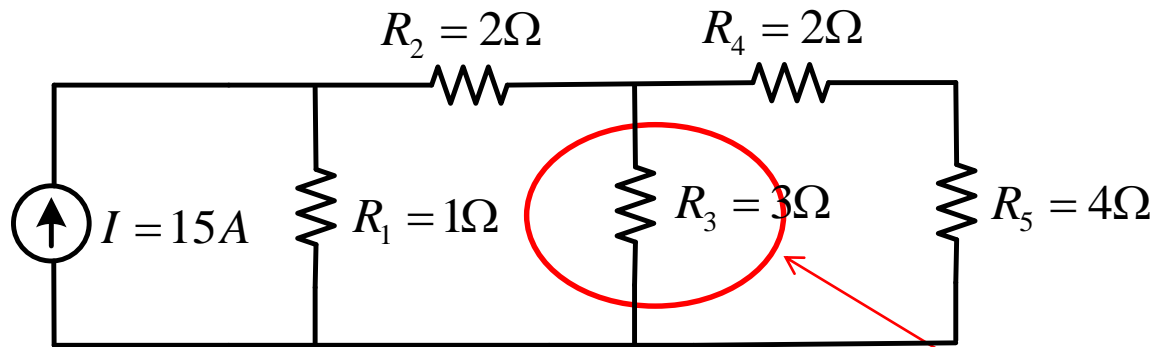


$$I_L = \frac{R_i}{R_i + R_L} \times I_{SC} \quad \longrightarrow \quad I_L = \frac{16}{16 + 2} \times 0.212$$

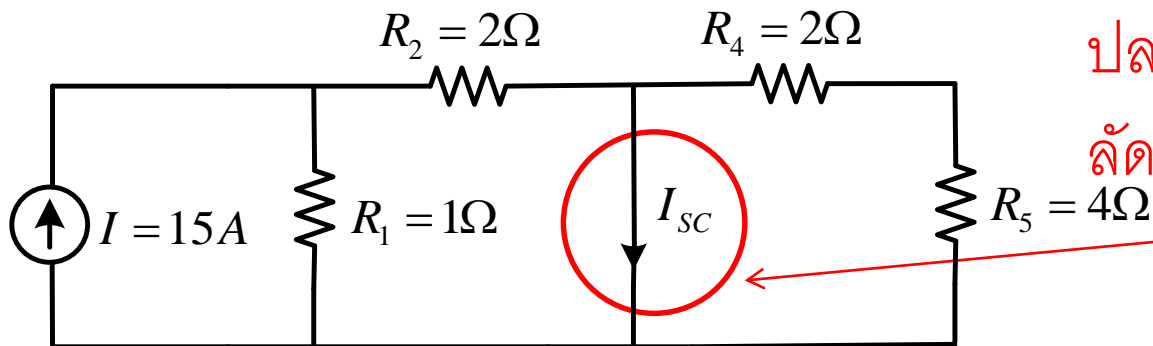
$$I_L = 0.189A \quad \text{ตอบ}$$

# ตัวอย่างที่ 1.7

จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_3$  ของวงจรไฟฟ้าดังภาพ



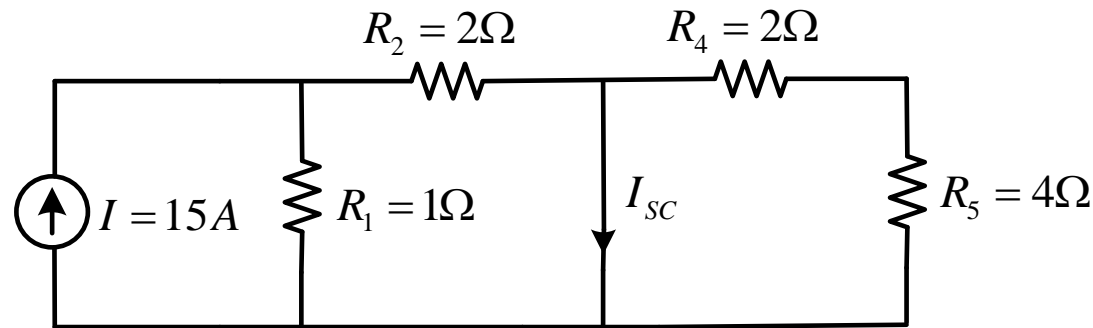
**วิธีทำ** -ขั้นตอนที่ 1 ปลดความต้านทานที่กำลังพิจารณาออกแล้วทำการลัดวงจร



ปลดไหลดออกแล้ว  
ลัดวงจรที่ตำแหน่งที่ปลด

# ตัวอย่างที่ 1.7 (ต่อ)

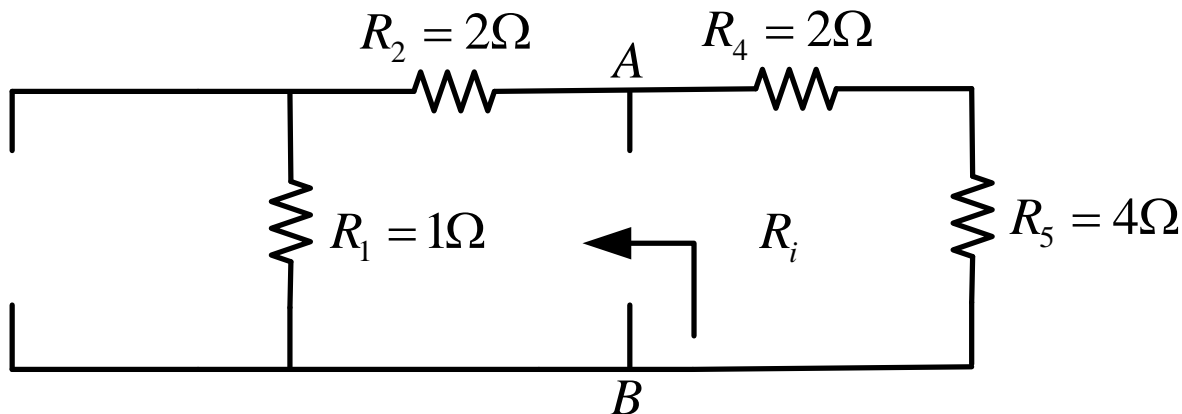
-ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่ากระแสลัดวงจร



$$I_{SC} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I$$

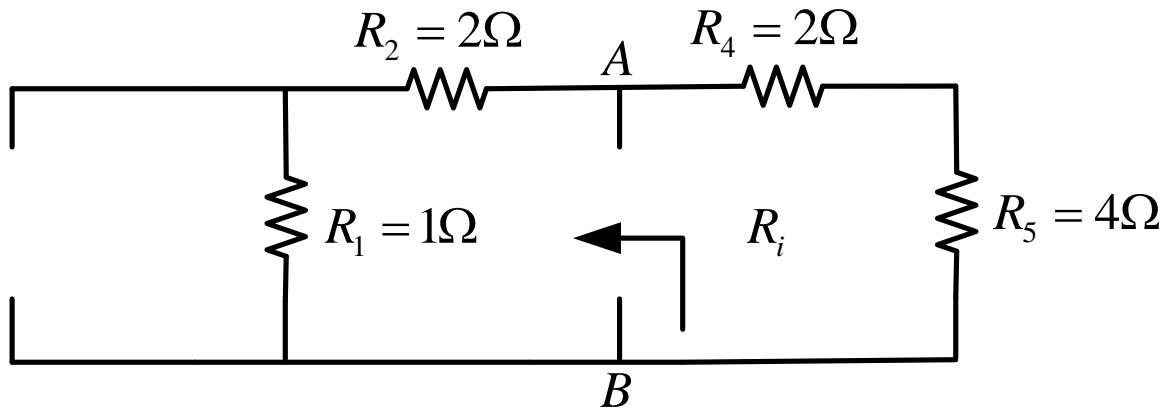
$$I_{SC} = \frac{1}{1+2} \times 15 = 5A$$

-ขั้นตอนที่ 3 เปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าเหลือเพียงเฉพาะค่าความต้านทานในวงจร



# ตัวอย่างที่ 1.7 (ต่อ)

-ขั้นตอนที่ 4 คำนวณหาความต้านทานนอร์ตัน



$$R_i = (R_1 + R_2) // (R_4 + R_5)$$

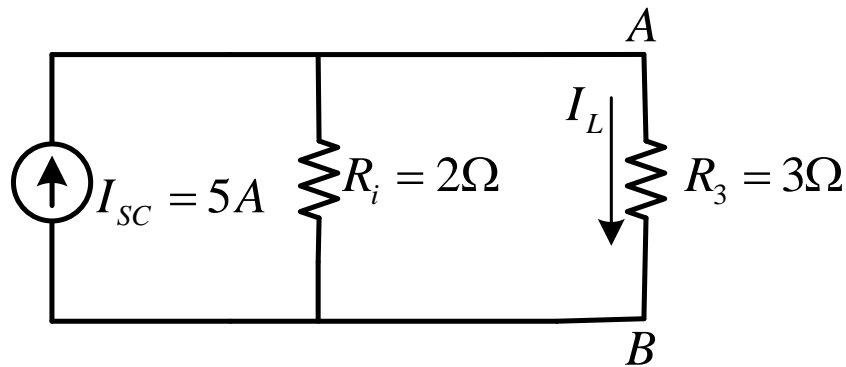
$$R_i = \frac{(R_1 + R_2) \times (R_4 + R_5)}{(R_1 + R_2) + (R_4 + R_5)}$$

$$R_i = \frac{(1+2) \times (2+4)}{(1+2) + (2+4)}$$

$$R_i = \frac{3 \times 6}{3+6} = \frac{18}{9} = 2\Omega$$

# ตัวอย่างที่ 1.7 (ต่อ)

- ขั้นตอนที่ 5 สร้างวงจรสมมูลของนอร์ตันในรูปแบบของแหล่งจ่ายกระแสต่อขนานกับค่าความต้านทานนอร์ตัน
- ขั้นตอนที่ 6 แทนที่โหลดกลับเข้าไป ณ ตำแหน่งเดิม



$$I_L = \frac{R_i}{R_i + R_3} \times I_{SC} \quad \longrightarrow \quad I_L = \frac{2}{2+3} \times 5$$

$$I_L = 2A$$

ตอบ