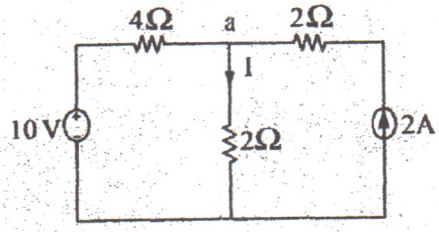
ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าโดยวิธีการวางซ้อนจะใช้การพิจารณาทีละแหล่งจ่ายเนื่องจากแหล่งจ่ายในวงจรจะเป็นอิสระต่อกัน ถ้าเรากำลังพิจารณาแหล่งจ่ายตัวใดแหล่งจ่ายที่เหลือ ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันให้ทำการลัดวงจร เนื่องจากในอุดมคติความต้านทานภายในแหล่งจ่ายแรงดันจะมีความต้านทานเท่ากับศูนย์โอห์ม ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสให้ทำการเปิดวงจร เนื่องจากในอุดมคติความต้านทานภายในแหล่งจ่ายกระแสจะมีความต้านทานเท่ากับอนันต์ หลังจากนั้นเราก็ทำการคำนวณหาค่าจากแหล่งจ่ายที่เราพิจารณาอยู่โดยใช้ทฤษฎีต่างๆ ที่เรียนมาแล้วจากหน่วยก่อนๆ หน้านี้ ทำอย่างนี้จนครบทุกแหล่งจ่าย แล้วนำค่าจากทุกแหล่งจ่ายมารวมกันก็จะได้คำตอบตามต้องการ สรุปหลักการทฤษฎีการวางซ้อนได้ดังนี้

1. กำหนดจุดของกระแสหรือแรงดันที่ต้องการหาค่า
2. พิจารณาแหล่งจ่ายที่จะคำนวณ 1 แหล่งจ่าย
3. แหล่งจ่ายที่ไม่ได้พิจารณา ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันให้ทำการลัดวงจร ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสให้ทำการเปิดวงจร
4. คำนวณหาค่ากระแสหรือแรงดันจากแหล่งจ่ายที่เรากำลังพิจารณาอยู่ โดยใช้ทฤษฎีต่างๆ จากหน่วยก่อนหน้านี้ เช่น เคอร์ชอฟฟ์ โนดโวลเตจ เมช แบ่งแรงดันหรือแบ่งกระแส เป็นต้น
5. พิจารณาแหล่งจ่ายอื่นต่อไป แล้วทำซ้ำข้อ 3-5 จนครบทุกแหล่งจ่าย
6. นำค่าที่คำนวณได้จากทุกแหล่งจ่ายมารวมกันทางพีชคณิตก็จะได้คำตอบตามต้องการ

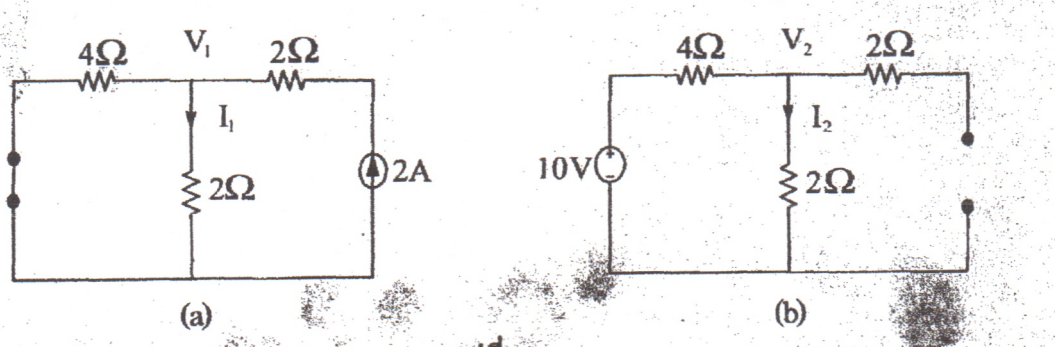
ในการรวมค่าจากทุกแหล่งจ่าย ถ้าค่ากระแสหรือแรงดันมีทิศทางเดียวกันให้เอามาบวกกัน ถ้าทิศทางสวนทางกันให้เอามาลบกัน ถ้าคำตอบออกมาเป็นบวกแสดงว่าคำตอบจะเป็นไปตามที่เรากำหนดขึ้น แต่ถ้าคำตอบออกมาเป็นลบแสดงว่าทิศทางจะตรงข้ามกับค่าที่เรากำหนดขึ้น ดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 8.1 จงหา V_a และ I ในวงจรรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1

วิธีทำ พิจารณาแหล่งจ่ายกระแส 2A ลัดวงจร แหล่งจ่ายแรงดัน 10V ดังรูปที่ 8.2 (a)



รูปที่ 8.2

จากรูปที่ 8.2 (a) ใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส ดังนี้

$$I_1 = 2A\left(\frac{4\Omega}{4\Omega+2\Omega}\right) = \frac{4}{3}\ A$$

$$V_1 = I_1 \times R2\Omega = \left(\frac{4}{3}A \times 2\Omega\right)$$

$$= \frac{8}{3}\ V$$

พิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน 10 V เปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแส 2A ดังรูปที่ 8.2 (b) ใช้ทฤษฎีการแบ่งแรงดัน ดังนี้

$$V_2 = 10V\left(\frac{2\Omega}{2\Omega+4\Omega}\right) = \frac{10}{3}\ V$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R2\Omega} = \frac{10}{3}\times\frac{1}{2}$$

$$= \frac{5}{3}\ A$$

ดังนั้น $V_a = V_1 + V_2 = \frac{8}{3}+\frac{10}{3}$

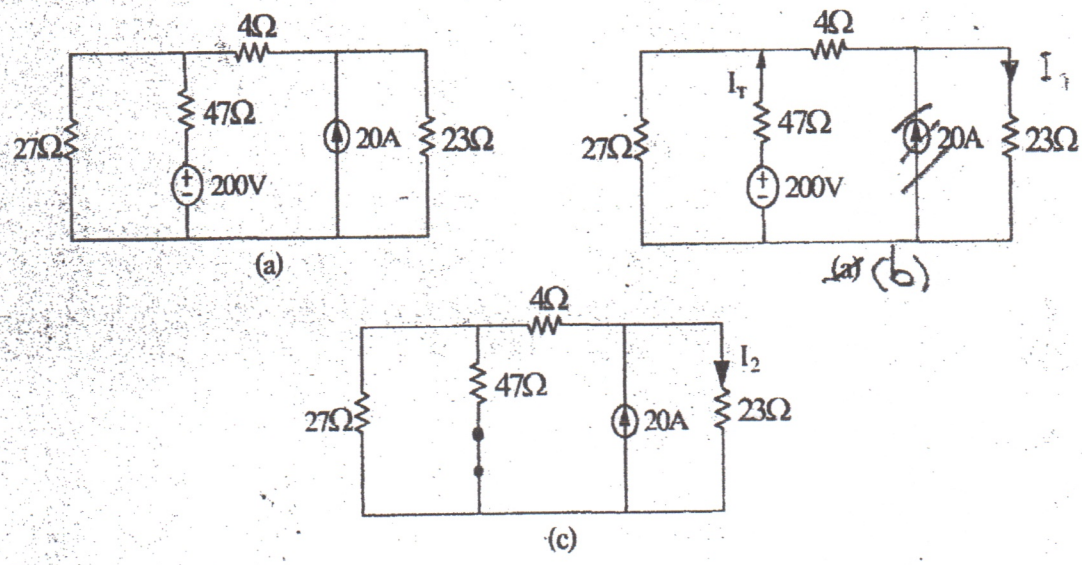
$$= 6\ V$$

และ $I = I_1 + I_2 = \frac{4}{3}+\frac{5}{3}$

$$= 3\ A$$

ตอบ

ตัวอย่างที่ 8.2 จงหากระแสที่ไหลผ่านความต้านทาน 23 Ω ในวงจรรูปที่ 8.3 (a)



รูปที่ 8.3

วิธีทำ พิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน 200 V เปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแส 20A ดังรูปที่ 8.3 (b)

$$R_T = 47\Omega + \frac{27\Omega\times(4\Omega+23\Omega)}{54\Omega}$$

$$= 60.5\ \Omega$$

$$I_T = \frac{200V}{60.5\Omega}$$

$$= 3.31\ A$$

ใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส

$$I_1 = \frac{27\Omega}{54\Omega} \times 3.31A$$

$$= 1.65\ A$$

พิจารณาแหล่งจ่ายกระแส 20A ลัดวงจรแหล่งจ่ายกระแสแรงดัน 200 V ดังรูปที่ 8.3 (c)

$$R_{T1} = 4\ \Omega + \frac{27 \times 47}{74}$$

$$= 21.15\ \Omega$$

ใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส

$$I_2 = 20\ A \left(\frac{21.15\Omega}{21.15\Omega + 23\Omega} \right)$$

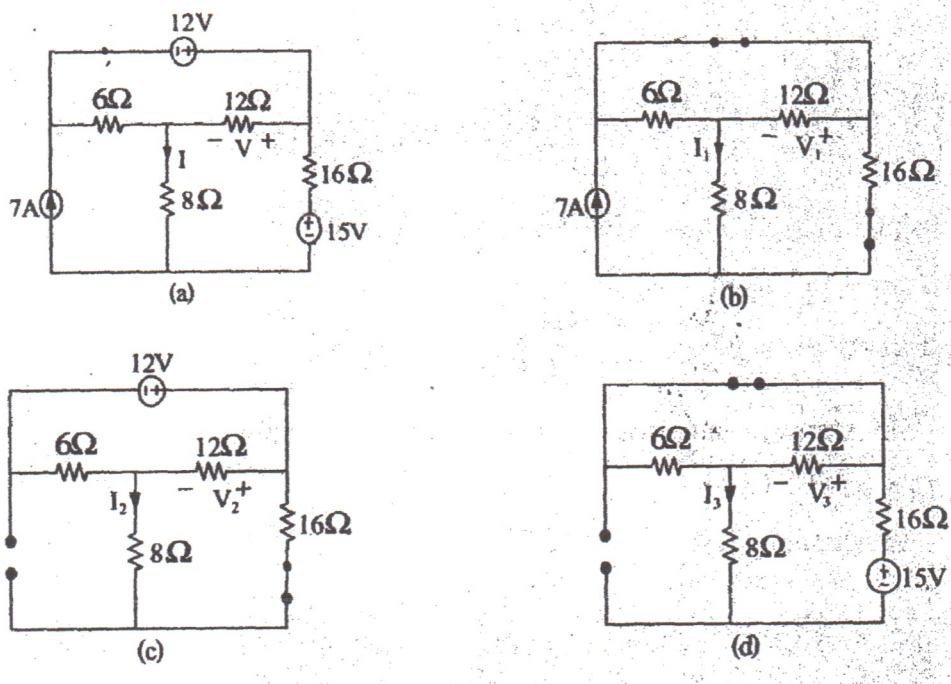
$$= 9.58\ A$$

ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R 23Ω คือ

$$I = I_1 + I_2 = 1.65A + 9.58\ A$$

$$= 11.23\ A \qquad \text{ตอบ}$$

ตัวอย่างที่ 8.3 จงคำนวณหา V และ I ในวงจรรูปที่ 8.4 (a)



รูปที่ 8.4

วิธีทำ พิจารณาแหล่งจ่ายกระแส 7A ลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันดังรูปที่ 8.4 (b)

$$R_{T1} = \frac{6 \times 12}{6 + 12}$$

$$= 4\ \Omega$$

$$R_T = 8\Omega + R_{T1} = 8\Omega + 4\Omega$$

$$= 12\ \Omega$$

ใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส

$$I_1 = \frac{16\Omega \times 7A}{16\Omega + R_T} = \frac{16\Omega \times 7A}{16\Omega + 12\Omega}$$

$$= 4\ A$$

$$V_1 = I_1 \times R_{T1} = 4A \times 4\ \Omega$$

$$= 16\ V$$

พิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน 12V ลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน 15V และเปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแส 7A ดังรูปที่ 8.4 (c)

$$R_T = \frac{12 \times (8+16)}{12+8+16}$$

$$= 8\ \Omega$$

$$V_2 = \frac{12V \times 8\Omega}{8\Omega + 6\Omega}$$

$$= 6.8\ V$$

$$I_2 = -\frac{V_2}{24\Omega} = -\frac{6.8V}{24\Omega}$$

$$= -0.28\ A$$

พิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน 15V ลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน 12V และเปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแส 7A ดังรูปที่ 8.4 (d)

ใช้วิธีแบ่งแรงดัน

$$V_3 = \frac{15V \times (6\Omega // 12\Omega)}{16\Omega + (6\Omega // 12\Omega) + 8\Omega} = 2.2\ V$$

$$I_3 = \frac{15V}{16\Omega + (6\Omega // 12\Omega) + 8\Omega} = 0.53\ A$$

ดังนั้น $I = I_1 + I_2 + I_3$

$$= 4A - 0.28A + 0.53A$$

$$= 4.25\ A$$

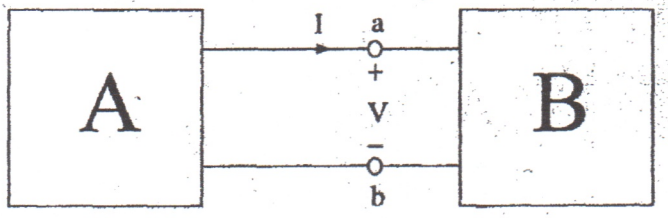
$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= 16V + 6.8V + 2.2V$$

$$= 25\ V$$ ตอบ

ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีโหลดมีค่าไม่คงที่ เราสามารถแทนวงจรไฟฟ้าที่ต่อกับโหลดด้วยวงจรสมมูลที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายแรงดัน 1 แหล่งจ่ายต่ออนุกรมกับความต้านทาน 1 ตัว เราเรียกวงจรสมมูลนี้ว่า วงจรสมมูลของเทเวนิน

สมมติวงจรไฟฟ้าแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน ดังรูปที่ 8.5

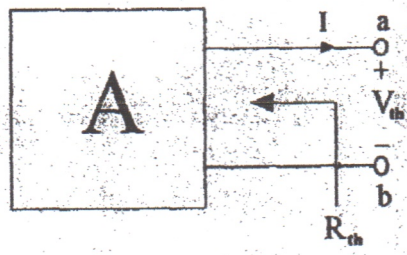


รูปที่ 8.5

จากรูปที่ 8.5 วงจรส่วน A เป็นวงจรเชิงเส้นประกอบด้วย ความต้านทาน แหล่งจ่ายอิสระและแหล่งจ่ายไม่อิสระ ส่วนวงจรส่วน B เป็นวงจรไม่เชิงเส้นจะถูกควบคุมด้วยแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขั้ว a–b จากวงจรส่วน A เราสามารถแทนวงจรส่วน A ด้วยวงจรสมมูลเทเวนิน ที่มีขั้วแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ขั้ว a–b ดังแสดงในรูปที่ 8.5 เราสามารถหาวงจรสมมูลเทเวนินแทนวงจรส่วน A โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ปลดวงจรส่วน B ออกจากวงจรส่วน A ดังรูปที่ 8.6

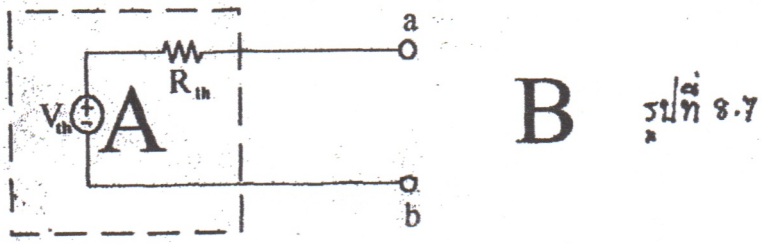
2. คำนวณหาแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว a–b โดยใช้ทฤษฎีต่างๆ ในการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้า เช่น กฎของโอห์ม แบ่งแรงดัน แบ่งกระแส เป็นต้น เราจะใช้วิธีของทฤษฎีใดนั้นขึ้นอยู่กับวงจรส่วน A แรงดันไฟฟ้าที่คำนวณได้ที่จุด a–b เรียกว่า แรงดันเทเวนิน (V_{th})



รูปที่ 8.6

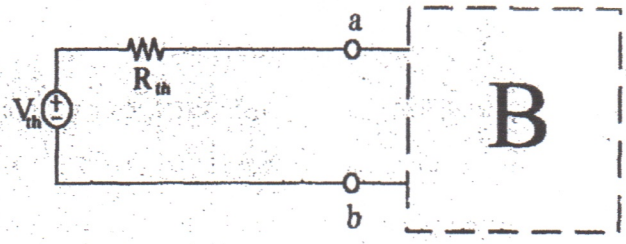
3. คำนวณหาความต้านทานรวมที่จุด a–b โดยมองเข้ามาจากจุดที่ปลดวงจรส่วน B ถ้าในวงจรส่วน A มีแหล่งจ่ายแรงดันอิสระให้ทำการลัดวงจร และถ้ามีแหล่งจ่ายกระแสอิสระให้ทำการเปิดวงจร ความต้านทานที่เราคำนวณได้นี้เรียกว่า ความต้านทานเทวินิน (R_{th})

4. นำค่าแรงดันเทเวนิน และความต้านทานเทเวนินมาเขียนวงจรสมมูลเทเวนินแทนวงจรส่วน A ในรูปที่ 8.6 จะได้วงจรสมมูลเทเวนินดังในรูปที่ 8.7



รูปที่ 8.7

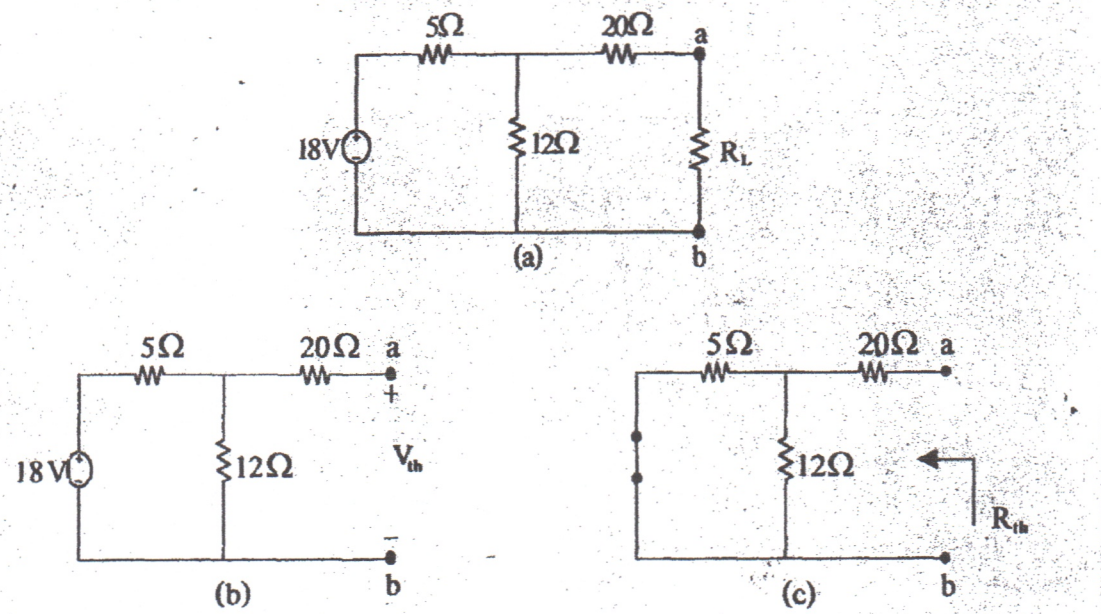
5. ถ้าต้องการหาค่ากระแสหรือแรงดันในวงจรส่วน B ก็นำวงจรส่วน B มาต่อร่วมกับวงจรสมมูลเทเวนินในรูปที่ 8.7 ที่ขั้ว a–b ดังรูปที่ 8.8 แล้วใช้หลักการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าหาค่าออกมาก็จะได้คำตอบตามต้องการ



รูปที่ 8.8

ตัวอย่างที่ 8.4 จงหาวงจรสมมูลเทเวนินที่จุด a–b และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดในรูปที่ 8.9 (a) เมื่อโหลดมีความต้านทานดังนี้

(a) 10Ω (b) 20Ω (c) 40Ω



รูปที่ 8.9

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจรดังรูปที่ 8.9 (b)

หาแรงดันเทเวนินโดยใช้ทฤษฎีการแบ่งแรงดัน ดังนี้

$$V_{th} = \frac{18V \times 12\Omega}{5\Omega + 12\Omega}$$

$$= 12.7 \text{ V}$$

หาความต้านทานเทเวนินโดยทำการลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดัน 18 V ดังรูปที่ 8.9 (c)

ดังนั้น $$R_{th} = 20\Omega + \frac{5\Omega \times 12\Omega}{5\Omega + 12\Omega}$$

$$= 23.53\Omega$$

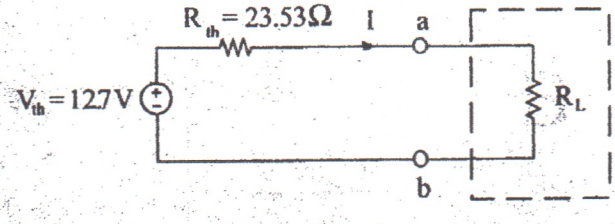
นำค่า Vth และ Rth มาเขียนวงจรสมมูลเทเวนินพร้อมทั้งนำโหลดมาต่อที่จุด a–b ดังรูปที่ 8.10

จากรูปที่ 8.10 หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดที่ค่าต่างๆ ดังนี้

(a) $R_L = 10\Omega$

$$I = \frac{Vth}{R_L + Rth} = \frac{12.7V}{23.53\Omega + 10\Omega}$$

$$= 0.38 \text{ A}$$



รูปที่ 8.10

(b) $R_L = 20\Omega$

$$I = \frac{Vth}{R_L + Rth} = \frac{12.7V}{23.53\Omega + 20\Omega}$$

$$= 0.3 \text{ A}$$

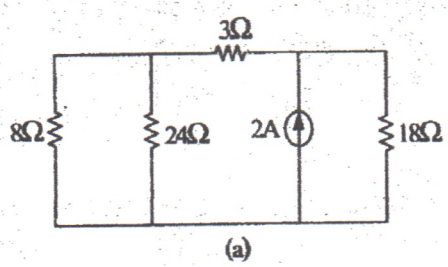
(c) $R_L = 40\Omega$

$$I = \frac{Vth}{R_L + Rth} = \frac{12.7V}{23.53\Omega + 40\Omega}$$

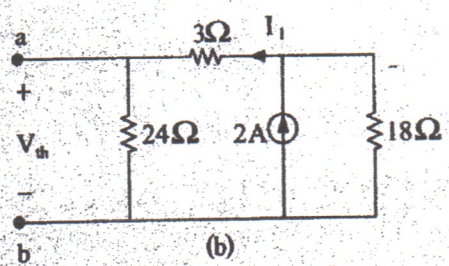
$$= 0.2 \text{ A}$$

ตอบ

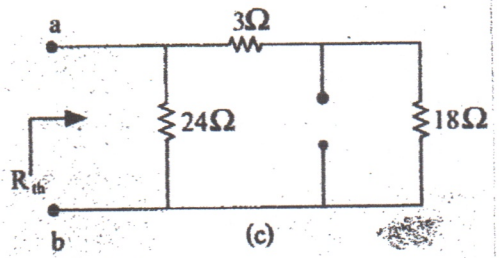
ตัวอย่างที่ 8.5 วงจรในรูปที่ 8.11 (a) จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R8Ω โดยใช้ทฤษฎีของเทเวนิน



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 8.11

วิธีทำ ปลดความต้านทาน 8Ω ออกจากวงจรแล้วคำนวณหาแรงดันเทเวนินในรูปที่ 8.11 (b) โดยใช้หลักการแบ่งกระแส

$$I_1 = \frac{2A \times 18\Omega}{18\Omega + 27\Omega}$$

$$= 0.8 \text{ A}$$

$$Vth = I_1 \times 24\Omega$$

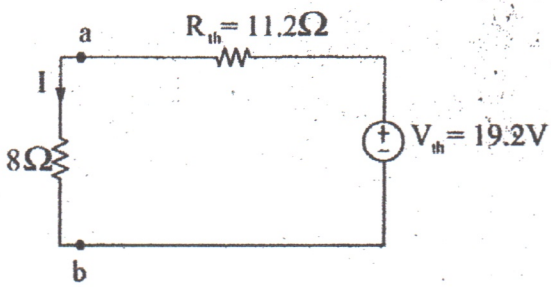
$$= 0.8A \times 24\Omega$$

$$= 19.2 \text{ V}$$

ทำการเปิดวงจรแหล่งจ่ายกระแส 2 A แล้วคำนวณหาความต้านทานเทเวนินในรูปที่ 8.11 (c)

$$Rth = \frac{24\Omega \times (3\Omega + 18\Omega)}{24\Omega + 3\Omega + 18\Omega} = 11.2\ \Omega$$

นำค่า Vth และ Rth มาเขียนวงจรสมมูลเทเวนินพร้อมทั้งนำความต้านทาน 8Ω มาต่อกับวงจรสมมูลเทเวนิน ดังรูปที่ 8.12

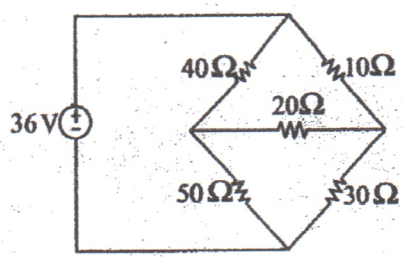


รูปที่ 8.12

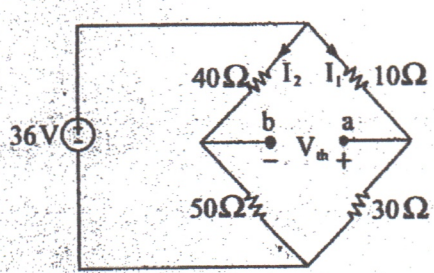
จากรูปที่ 8.12 $I = \frac{19.2V}{11.2\Omega + 8\Omega}$

$= 1\ A$ **ตอบ**

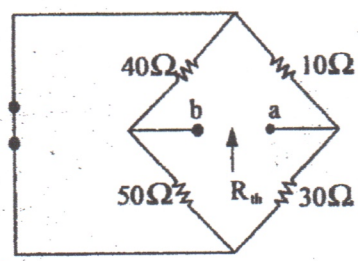
ตัวอย่างที่ 8.6 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R 20 Ω ในรูปที่ 8.13 (a)



(a)



(b)



(c)

รูปที่ 8.13

วิธีทำ ปลด R 20 Ω ออกจากวงจร แล้วคำนวณหา V_{th} ในวงจรรูปที่ 8.13 (b)

$$I_1 = \frac{36V}{10\Omega + 30\Omega}$$

$$= 0.9\ A$$

$$I_2 = \frac{36V}{40\Omega + 50\Omega}$$

$$= 0.4\ A$$

$$V\ 10\ \Omega = (0.9A) \times (10\Omega)$$

$$= 9\ V$$

$$V\ 40\ \Omega = 0.4A \times 40\Omega$$

$$= 16\ V$$

ดังนั้น V_{th} = V 40 Ω - V 10 Ω

= 16V – 9V

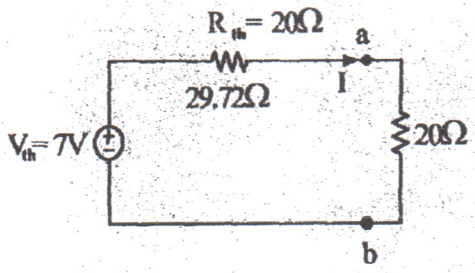
= 7 V

หา Rth ทำการลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันดังรูปที่ 8.13 (c)

$$Rth = \frac{10\Omega x 30\Omega}{10\Omega + 30\Omega} + \frac{40\Omega x 50\Omega}{40\Omega + 50\Omega}$$

$$= 29.72\ \Omega$$

นำค่า Vth และ Rth มาเขียนวงจรสมมูลเทเวนินและนำ R 20Ω มาต่อที่จุด a-b ดังเดิม ดังรูปที่ 8.14



รูปที่ 8.14

จากรูปที่ 8.14 $I = \frac{Vth}{Rth + 20\Omega}$

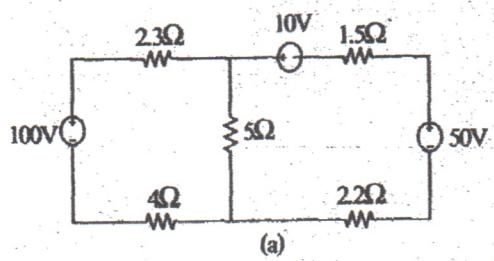
$$= \frac{7V}{20\Omega + 29.72\Omega}$$

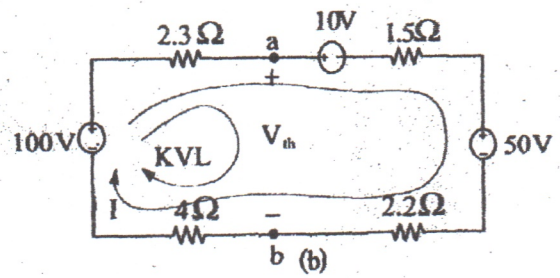
= 0.14 A ตอบ

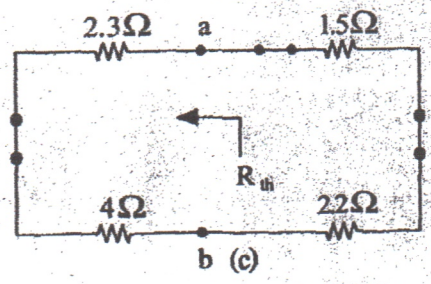
ตัวอย่างที่ 8.7 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R 5 Ω ในรูปที่ 8.15 (a)

วิธีทำ ปลด R 5 Ω ออกจากวงจรแล้วคำนวณหา Vth โดยใช้ KVL ในลูป I ในรูปที่ 8.15 (b)-

$$100 + 2.3\ I_1 + 10 + 1.5\ I_1 + 50 + 2.2\ I_1 + 4\ I_1 = 0$$







รูปที่ 8.15

$$\therefore I = \frac{-50-10+100}{4+2.2+2.3+1.5}$$

$$= \frac{40}{10}$$

$$= 4 \text{ A}$$

พิจารณาในลูป KVL

$$V_{th} = 100V + 4\Omega\ (4A)$$

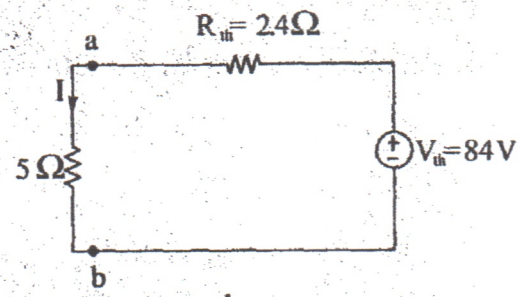
$$= 74.8 \text{ V}$$

ทำการลัดวงจรแหล่งจ่ายแรงดันแล้วคำนวณหา R_{th} ในรูปที่ 8.15 (c)

$$R_{th} = \frac{4\Omega(2.2\Omega+1.5\Omega+2.3\Omega)}{4\Omega+2.2\Omega+1.5\Omega+2.3\Omega}$$

$$= 2.4\ \Omega$$

นำค่า V_{th} และ R_{th} มาเขียนวงจรสมมูลเทเวนินแล้วนำความต้านทาน 5Ω มาต่อที่จุด a–b ดังเดิม ดังรูปที่ 8.16



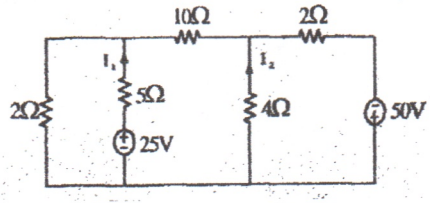
รูปที่ 8.16

จากรูปที่ 8.16 $I = \frac{84V}{2.4\Omega+5\Omega}$

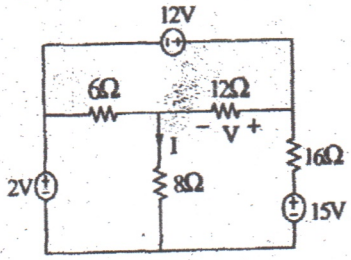
$= 11.35$ A **ตอบ**

แบบประเมินผลการเรียนรู้ หน่วยที่ 8

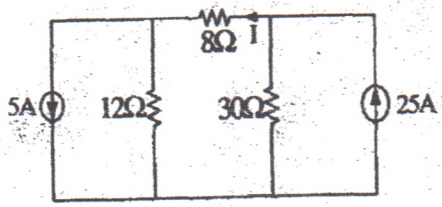
1. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I_1 และ I_2



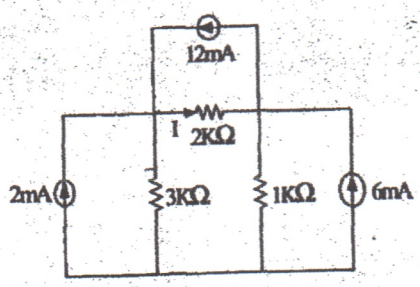
2. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา V และ I



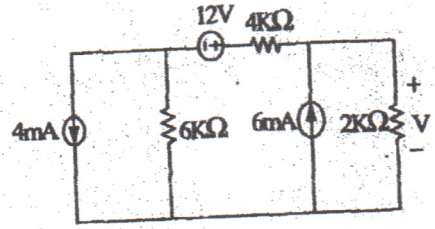
3. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I และ V



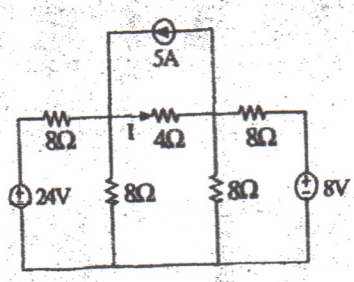
4. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I



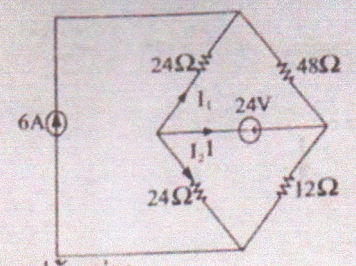
5. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I



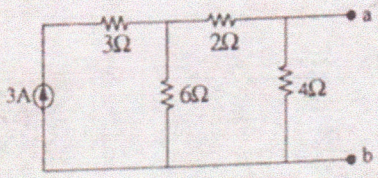
6. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา V



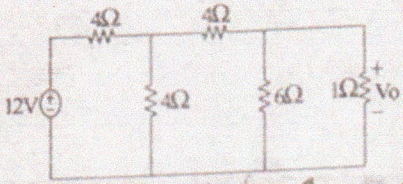
7. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I_1, I_2 และ I



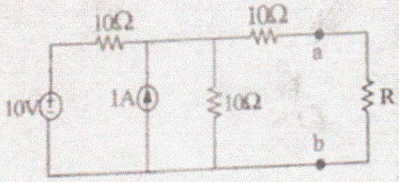
8. จงหาวงจรสมมูลของเทเวนินจากรูปด้านล่าง



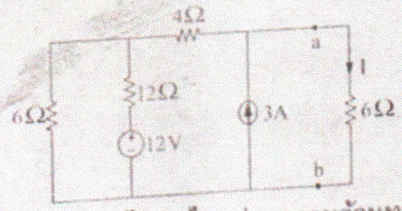
9. จงหาวงจรสมมูลของเทเวนิน แล้วใช้วงจรสมมูลหา Vo ในรูปด้านล่าง



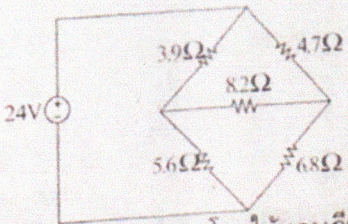
10. จงหาวงจรสมมูลของเทเวนินแล้วใช้หา I ในรูปด้านล่าง เมื่อ R = 15Ω, 10Ω, 5Ω, 0Ω



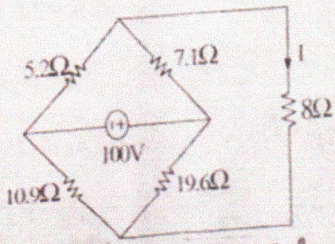
11. จงหาวงจรสมมูลเทเวนิน แล้วใช้หา I ในรูปด้านล่าง



12. จงหาวงจรสมมูลเทเวนินแล้วใช้หากระแสไฟฟ้าไหลผ่านความต้านทาน 8.2 Ω ในรูปด้านล่าง



13. จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน 8 Ω โดยใช้ทฤษฎีของเทเวนินในรูปด้านล่าง



14. จงใช้ทฤษฎีของเทเวนินหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R 1Ω ในวงจรในรูปด้านล่าง