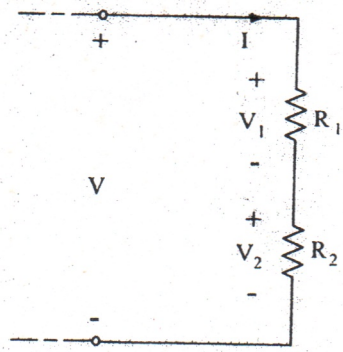
4 วงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider)

4/1

ในการวิเคราะห์วงจรอนุกรมและวงจรขนานในหน่วยที่ 3 การใช้กฎของโอห์มเพียงอย่างเดียวจะใช้เวลานาน ในวงจรอนุกรมที่มีความต้านทานต่ออนุกรมกัน 2 ตัว ถ้าเรารู้ค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทานทั้ง 2 ตัว เราสามารถหาแรงดันตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัวได้โดยใช้ทฤษฎีการแบ่งแรงดันได้ ในทำนองเดียวกัน ในวงจรขนานถ้าเรารู้ค่ากระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่จ่ายให้กับความต้านทานที่ต่อขนานกัน 2 ตัว เราสามารถหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัวได้โดยใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส ซึ่งจะทำให้การวิเคราะห์วงจรได้เร็วขึ้น

วงจรแบ่งแรงดันก็คือวงจรอนุกรมนั่นเอง แรงดันจะถูกแบ่งด้วยความต้านทานที่นำมาต่อ ถ้าความต้านทานมีค่ามาก แรงดันตกคร่อมก็จะมีค่ามากด้วย แต่ถ้าความต้านทานมีค่าน้อยก็จะทำให้แรงดันตกคร่อมมีค่าน้อย เป็นไปตามกฎของโอห์ม ในการวิเคราะห์วงจรแบ่งแรงดันจะแยกการพิจารณาออกเป็น 2 ส่วน คือ วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด และวงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด

วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด



รูปที่ 4.1

วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด ถ้ามีความต้านทาน 2 ตัว ต่ออนุกรมและเรารู้ค่าแรงดันตกคร่อมความต้านทานทั้ง 2 ตัว ดังรูปที่ 4.1

จากรูปที่ 4.1 จากคุณสมบัติวงจรอนุกรม

$$V = V_1 + V_2 \qquad (4.1)$$

จากกฎของโอห์ม

$$V_1 = R_1 I$$

$$V_2 = R_2 I \qquad (4.2)$$

นำสมการที่ (4.2) แทนลงในสมการที่ (4.1) ดังนั้น

$$V = R_1 I + R_2 I$$

$$\therefore \quad I = \frac{V}{R_1 + R_2} \qquad (4.3)$$

นำสมการที่ (4.3) แทนลงในสมการที่ (4.2) ดังนั้น 4/2

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)V$$

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V \qquad (4.4)$$

จากสมการที่ (4.4) จะเห็นว่าถ้ารู้ค่า V และค่า R_1 กับ R_2 เราสามารถหาค่า V_1 และ V_2 โดยไม่ต้องคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า

ตัวอย่างที่ 4.1 วงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลด ในรูปที่ 4.1 จงหา V_1 และ V_2 โดยวิธีแบ่งแรงดัน ถ้า $R_1 = 8\,\Omega$ และ $R_2 = 4\,\Omega$ และ $V = 12$ V

วิธีทำ จากสมการที่ 4.4

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1+R_2}\right)V$$

แทนค่า

$$V_1 = \frac{12V \times 8\Omega}{8\Omega+4\Omega}$$

$$= 8\ V$$

ในทำนองเดียวกัน

$$V_2 = \left(\frac{R_2}{R_1+R_2}\right)V$$

แทนค่า

$$V_2 = \frac{12V \times 4\Omega}{8\Omega+4\Omega}$$

$$= 4\ V \qquad \textbf{ตอบ}$$

ในรูปที่ 4.1 กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน R_1 และ R_2 คือ

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R_1} = \frac{R_1}{(R_1+R_2)^2}V^2$$

และ

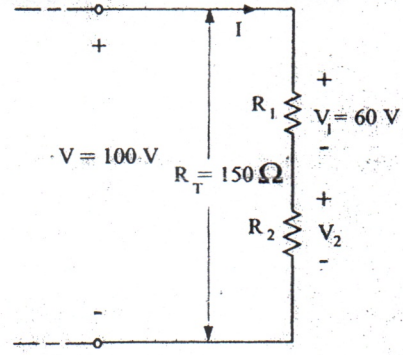
$$P_2 = \frac{V_2^2}{R_2} = \frac{R_2}{(R_1+R_2)^2}V^2$$

ดังนั้นกำลังไฟฟ้าทั้งหมด

$$P_1+P_2 = \frac{V^2}{R_1+R_2}$$

$$= V\left(\frac{V}{R_1+R_2}\right) = V \cdot I \qquad (4.5)$$

ตัวอย่างที่ 4.2 จงหา R_1, R_2 และ V_2 ในวงจรรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2

วิธีทำ สมการที่ 4.4

$$V_1 = V\left[\frac{R_1}{R_T}\right]$$

$$\therefore \quad R_1 = \frac{V_1}{V} \cdot R_T$$

แทนค่า $R_1 = \frac{60V}{100V} \times 150\,\Omega = 90\,\Omega$

จากสมการที่ (4.1) $V = V_1 + V_2$

$$\therefore \quad V_2 = V - V_1$$

$$= 100V - 60\,V$$

$$= 40\,V$$

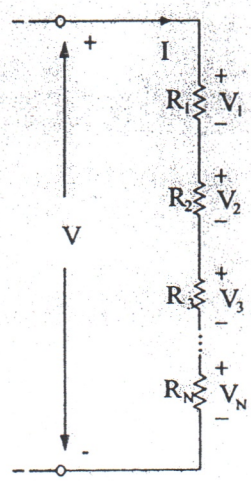
จากสมการที่ (4.4)

$$V_2 = V \times \frac{R_2}{R_T}$$

$$\therefore \quad R_2 = \frac{V_2}{V} \times R_T = \frac{40V \times 150\Omega}{100V}$$

$$= 60\,\Omega$$ ตอบ

ถ้าความต้านทานต่อแบบอนุกรมกันจำนวน N ตัว ดังนั้นแรงดันจะถูกแบ่งเป็น N แรงดัน ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3

จากรูปที่ 4.3 แรงดันทั้งหมด คือ

$$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots + V_N$$

เมื่อ $V_1 = IR_1$

$V_2 = IR_2$

$V_3 = IR_3$

$\vdots$

$V_N = IR_N$ (4.6)

ดังนั้น $V = R_1I + R_2I + R_3I + \ldots + R_NI$

$$\therefore \quad I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3 \ldots + R_N}$$

$$= \frac{V}{R_T} \qquad (4.7)$$

นำสมการที่ 4.7 แทนลงในสมการที่ 4.6 ดังนั้น

$$V_1 = \frac{R_1}{R_T} \times V$$

$$V_2 = \frac{R_2}{R_T} \times V$$

$$V_3 = \frac{R_3}{R_T} \times V$$

$\vdots$

$$V_N = \frac{R_N}{R_T} \times V \qquad (4.8)$$

ตัวอย่างที่ 4.3 วงจรในรูปที่ 4.3 จงหา V_1 และ I ถ้า N=10 และ R_1=60 Ω ตัวต้านทานอีก 9 ตัว มีค่าตัวละ 10 Ω และ V=75 V

วิธีทำ ความต้านทานรวม

$$R_T = 60\,\Omega + 9(10)\,\Omega$$

$$= 150\,\Omega$$

ใช้ทฤษฎีการแบ่งแรงดัน

$$V_1 = \frac{60\Omega}{150\Omega} \times (75V) = 30\,V$$

และใช้กฎของโอห์ม

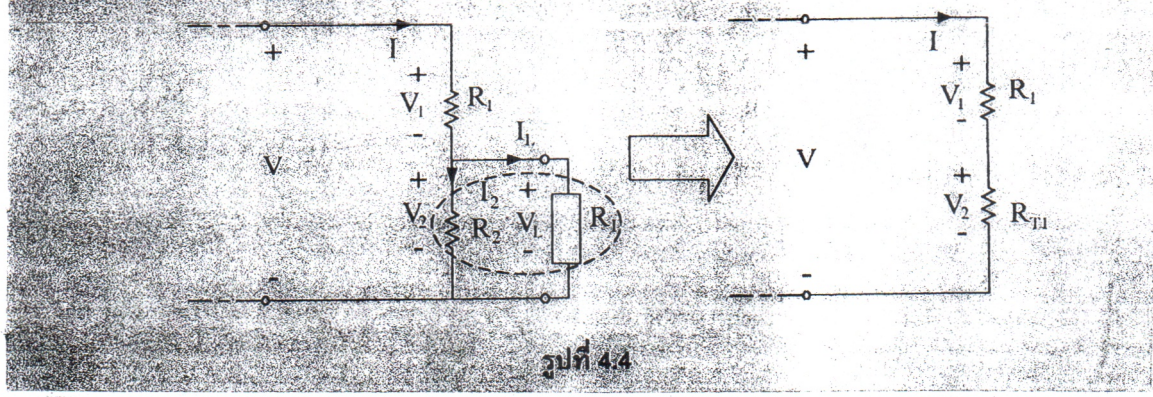
$$I = \frac{V}{R_T}$$

$$= \frac{75V}{150\Omega} = 0.5\,A \qquad \text{ตอบ}$$

4/5

วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลด

วงจรแบ่งแรงดันแบบมีโหลดเป็นวงจรแบ่งแรงดันแบบไม่มีโหลดที่มีความต้านทานมาต่อขนานกับ R_2 คือ R_L ดังรูปที่ 4.4 (a)



รูปที่ 4.4

จากรูปที่ 4.4 (a)

$$R_{T1} = \frac{R_2 \times R_L}{R_2 + R_L}$$

จะได้วงจรสมมูลดังรูปที่ 4.4 (b) ดังนั้น

$$V_1 = \left(\frac{R_1}{R_1 + R_{T1}}\right)V$$

$$V_2 = V_L = \left(\frac{R_{T1}}{R_1 + R_{T1}}\right)V \qquad (4.9)$$

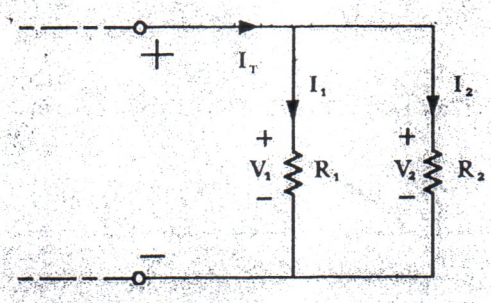
$$I_2 = \frac{V_2}{R_2}$$

และ $$I_L = \frac{V_L}{R_L}$$

4/6

วงจรแบ่งกระแส (Current Divider)

วงจรแบ่งกระแสก็คือวงจรขนานนั่นเอง ถ้าวงจรมีความต้านทานต่อขนานกัน 2 ตัว และเรารู้ค่าของกระแสทั้งหมดที่จ่ายให้กับวงจรดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6

จากรูปที่ 4.6 $R_T = \dfrac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

จากกฎของโอห์ม

$$V = I_T \times R_T$$

$$\therefore \quad I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{I_T \times R_T}{R_1} = I_T \left(\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \right) \times \frac{1}{R_1}$$

$$\therefore \quad I_1 = I_T \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \qquad (4.10)$$

ในทำนองเดียวกัน

$$\therefore \quad I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{I_T \times R_T}{R_2} = I_T \left(\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \right) \times \frac{1}{R_2}$$

$$I_2 = I_T \left(\frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \qquad (4.11)$$

จากสมการที่ (4.10) และ (4.11) จะเห็นว่าถ้าเรารู้ค่า I_T และค่า R_1 กับ R_2 เราสามารถหาค่า I_1 และ I_2 โดยไม่ต้องคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า

4/7

ตัวอย่างที่ 4.5 วงจรในรูปที่ 4.7 ถ้า $I_T = 3\,A$, $R_1 = 3\Omega$ และ $R_2 = 6\,\Omega$ จงหา R_T , I_1 , I_2 และ V

วิธีทำ

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3\Omega \times 6\Omega}{3\Omega + 6\Omega}$$

$$= 2\Omega$$

สมการที่ (4.10) $$I_1 = I_T \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 3A \times \frac{6\Omega}{3\Omega + 6\Omega}$$

$$= 2\,A$$

สมการที่ (4.11)

$$I_2 = I_T \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

แทนค่า $$I_2 = 3A \times \frac{3\Omega}{3\Omega + 6\Omega}$$

$$= 1A$$

และ $$V = R_1 I_1 = R_2 I_2$$

$$= (3\Omega)(2A) = 6V$$

หรือ $$V = R_T I_T = (2\Omega)x(3A)$$

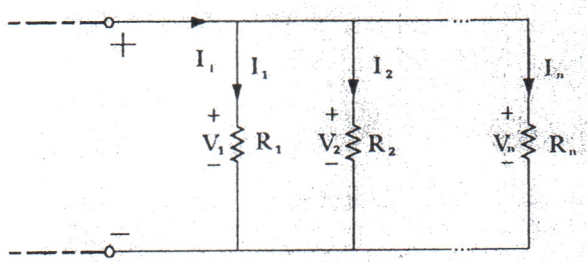
$$= 6\,V$$

ตอบ

พิจารณาวงจรขนานที่ต่อกัน N ตัว ดังรูปที่ 4.7

จากรูปที่ 4.7 จากคุณสมบัติวงจรขนาน

$$I_T = I_1 + I_2 + \ldots + I_N$$



รูปที่ 4.7

จากกฎของโอห์ม

$$I_1 = \frac{V}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2}$$

$$\vdots$$

$$I_N = \frac{V}{R_N} \qquad (4.12)$$

4/8

$$\therefore \quad I_T = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \ldots + \frac{V}{R_N}$$

$$\therefore \quad V = \frac{I_T}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \ldots + \frac{1}{R_N}} \qquad (4.13)$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานดังนี้

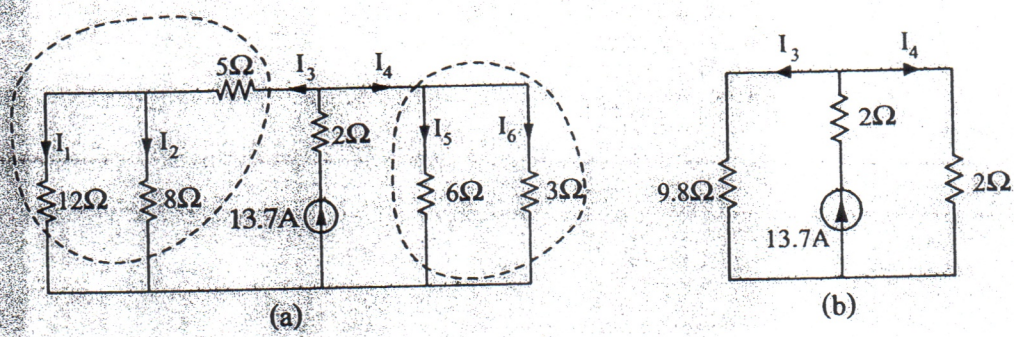
$$I_1 = \frac{R_T}{R_1} I_T$$

$$I_2 = \frac{R_T}{R_2} I_T$$

$$\vdots$$

$$I_N = \frac{R_T}{R_N} I_T$$

ตัวอย่างที่ 4.6 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานทุกตัวในรูปที่ 4.8 (a)



รูปที่ 4.8

วิธีทำ ความต้านทานรวมส่วนขวามือ คือ

$$R_{T1} = \frac{6 \times 3}{6+3} = 2\,\Omega$$

ความต้านทานรวมด้านซ้ายมือ คือ

$$R_{T2} = 5 + \frac{12 \times 8}{12+8} = 9.8\,\Omega$$

วงจรสมมูลจะได้ดังรูปที่ 4.8 (b) ใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส

$$I_3 = \frac{2\Omega}{11.8\Omega} \times 13.7\text{A} = 2.32\ \text{A}$$

และ $$I_4 = \frac{9.8\Omega}{11.8\Omega} \times (13.7\text{A}) = 11.38\ \text{A}$$

จากรูปที่ 4.8 (a) ใช้ทฤษฎีการแบ่งกระแส

$$I_1 = \frac{8\Omega}{20\Omega} \times (2.32\text{A}) = 0.93\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{12\Omega}{20\Omega} \times (2.32\text{A}) = 1.39\ \text{A}$$

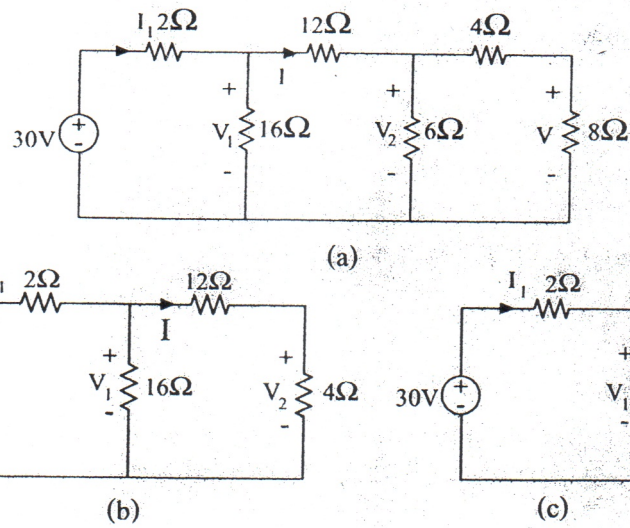
$$I_5 = \frac{3\Omega}{9\Omega} \times (11.38\text{A}) = 3.79\ \text{A}$$

$$I_6 = \frac{6\Omega}{9\Omega} \times (11.38\text{A}) = 7.59\ \text{A}$$

ตอบ

4/9

ตัวอย่างที่ 4.7 วงจรในรูปที่ 4.9 (a) จงหา I_1 , I , V_1 , V_2 ,V และกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย



รูปที่ 4.9

วิธีทำ

$$R_{T1} = 4\Omega + 8\Omega = 12\Omega$$

$$R_{T2} = 6 // R_{T1} = \frac{6\times12}{6+12} = 4\Omega$$

$$R_{T3} = R_{T2} + 12\ \Omega = 4\Omega + 12\ \Omega = 16\Omega$$

$$R_{T4} = 16 // R_{T3} = \frac{16\times16}{16+16} = 8\ \Omega$$

$$R_T = 2\Omega + 8\Omega = 10\ \Omega$$

จากรูปที่ 4.9 (c) ใช้กฎของโอห์ม

$$I_1 = \frac{V}{R_T} = \frac{30V}{10\Omega} = 3\,A$$

กำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

$$P_{S_1} = I_1 \times V = 3A \times 30\,V = 90\,W$$

$$V_1 = \left(\frac{8\Omega}{2\Omega+8\Omega}\right)30V$$

$$= 24\,V$$

ในรูปที่ 4.9 (b) ใช้การแบ่งแรงดัน

$$V_2 = \left(\frac{4\Omega}{12\Omega+4\Omega}\right)V_1 = \left(\frac{4\Omega}{12\Omega+4\Omega}\right)24\,V$$

$$= 6\,V$$

ในรูปที่ 4.9 (a) ใช้การแบ่งแรงดัน

$$V = \left(\frac{8\Omega}{8\Omega+4\Omega}\right)V_2 = \left(\frac{8\Omega}{8\Omega+4\Omega}\right)6\,V$$

$$= 4\,V$$

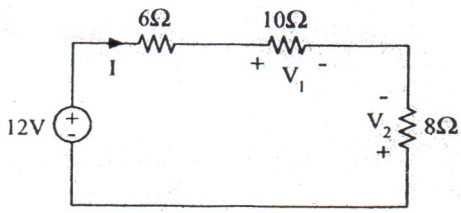
ในรูปที่ 4.9 (b) ใช้การแบ่งกระแส

$$I = I_1\left(\frac{16\Omega}{16\Omega+16\Omega}\right) = \left(\frac{1\Omega}{2\Omega}\right)(3A)$$

$$= 1.5\,A$$

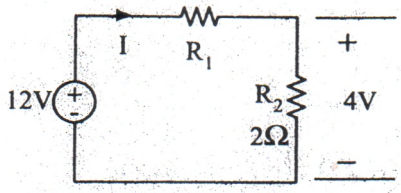
ตอบ

1. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา R_T , I กำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย V_1 , V_2 และกำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน 6 Ω



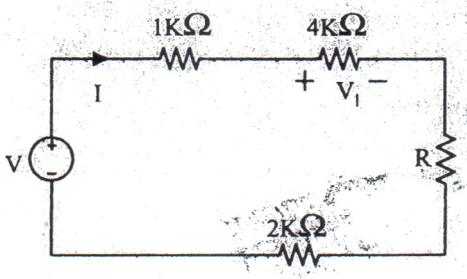
.....

2. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I , R_1 และกำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน R_1



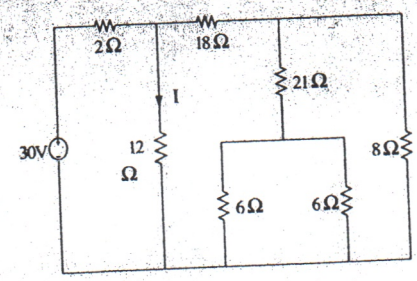
.....

3. วงจรในรูปด้านล่าง ถ้าแหล่งจ่ายมีกำลังไฟฟ้า 9 mW และ $V_1 = V/4$ จงหา R, V , V_1 และ I

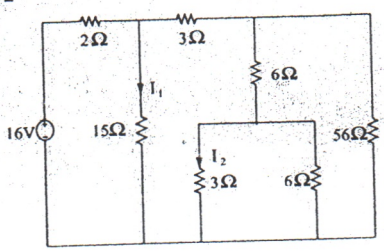


.....

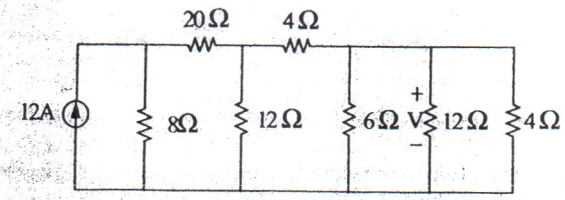
4. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา R_T และ I



5. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา I_1 และ I_2

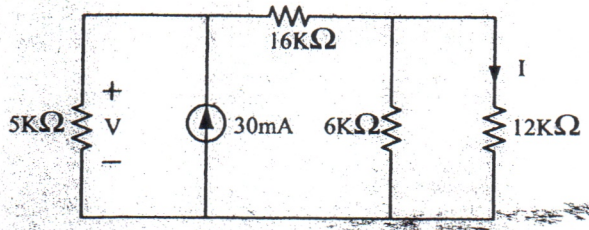


6. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา V และกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

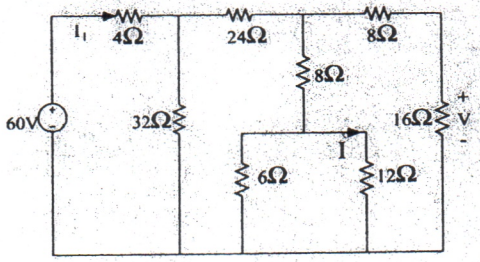


.....

7. จงคำนวณหา V และ I จากรูปด้านล่าง

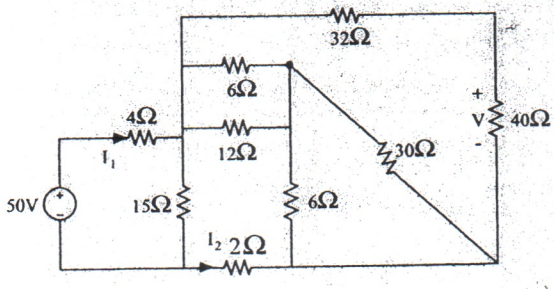


8. จงหา I , I_1 และ V จากรูปด้านล่าง



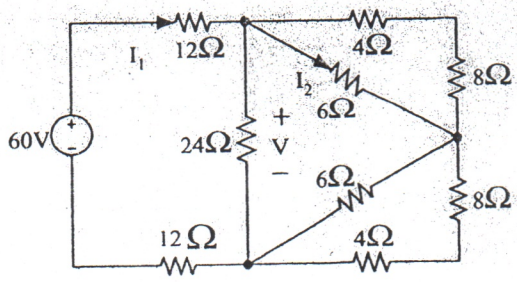
.....

9. จงคำนวณหา I_1 , I_2 และ V จากรูปด้านล่าง

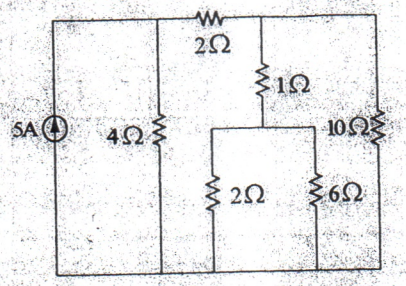


.....

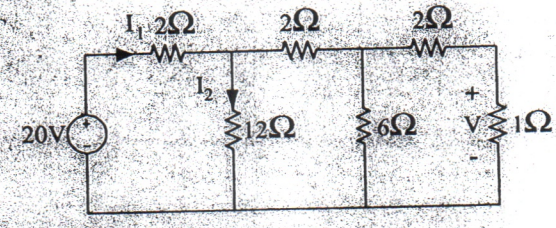
10. จงคำนวณหา I_1 , I_2 และ V จากรูปด้านล่าง



11. วงจรในรูปด้านล่าง จงหากำลังไฟฟ้าที่ 6 Ω



12. จงหา I_1 , I_2 , V ในรูปด้านล่าง



13. วงจรในรูปด้านล่าง จงหา V_1 และ V_2