วงจรไฟฟ้าอนุกรมและขนาน

พันธ์ศักดิ์ พลอินทร์

ครูชำนาญการพิเศษ แผนกอิเล็กทรอนิกส์ วิทยาลัยเทคนิคสัตหีบ

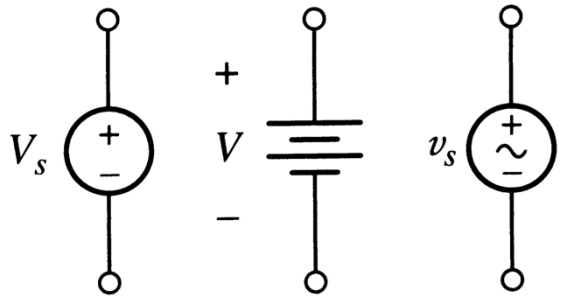
วัตถุประสงค์

- เข้าใจคุณสมบัติของแหล่งจ่ายพลังงานของวงจรไฟฟ้า
- เข้าใจคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและวงจรแบบขนาน
- คำนวณหาค่าปริมาณไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรได้

วัตถุประสงค์

- เข้าใจกฎแรงดันไฟฟ้าและกฎกระแสไฟฟ้าของเคิร์ชฮอฟฟ์
- แก้ปัญหาของวงจรไฟฟ้าอนุกรมและขนานได้
- บอกความแตกต่างระหว่างวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมและแบบขนานได้
- นำกฎของเคิร์ชฮอฟฟ์ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าได้

แหล่งจ่ายแรงดันอิสระ (Independent Voltage Sources)



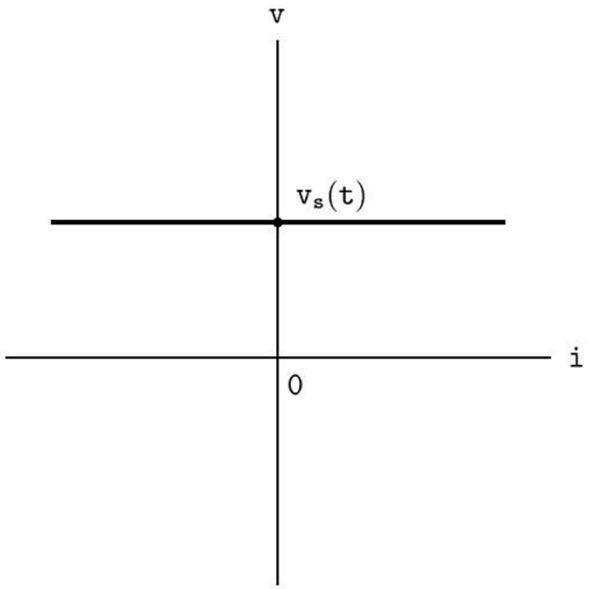
แหล่งจ่ายแรงดันอิสระ มีตัวอักษรกำกับเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดค่าแรงดันที่ตกคร่อมขั้วทั้งสอง

(a) แสดงถึงสัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงอิสระ

(b) แสดงถึงสัญลักษณ์ของแบตเตอรี่

(c) แสดงสัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายแรงดันกระแสสลับอิสระ

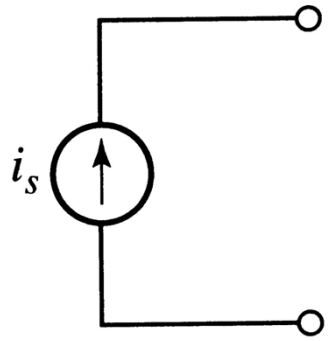
แหล่งจ่ายแรงดันอิสระ (Independent Voltage Sources)



- กราฟแสดงลักษณะเฉพาะของแหล่งจ่ายแรงดันอิสระที่เวลา t ใด ๆ

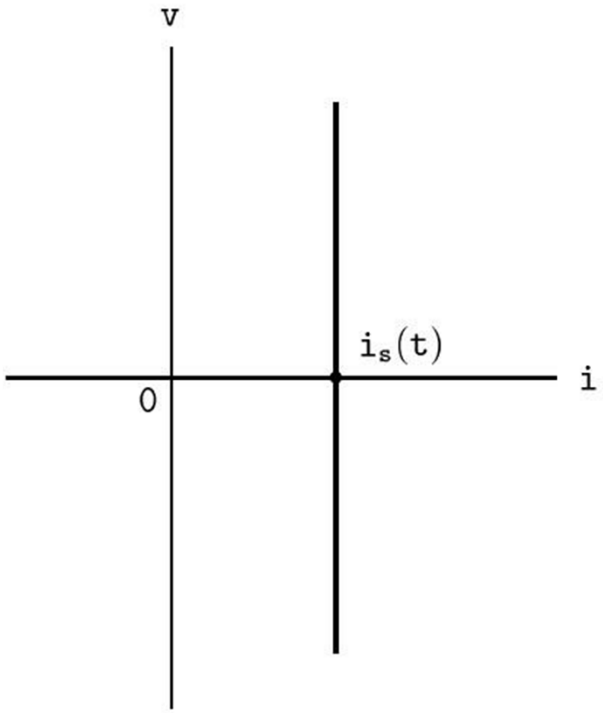
- ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายแรงดันจะมีค่าเท่ากับ $v_s(t)$ เสมอ ไม่ว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งจ่ายจะมีค่าเท่าใดก็ตาม

แหล่งจ่ายกระแสอิสระ (Independent Current Sources)



แหล่งจ่ายกระแสอิสระ มีตัวอักษรกำกับเป็นฟังก์ชันที่ใช้ในการกำหนดค่ากระแสที่จ่ายให้แก่วงจร โดยมีทิศทางการไหลของกระแสตามทิศทางของลูกศรในสัญลักษณ์

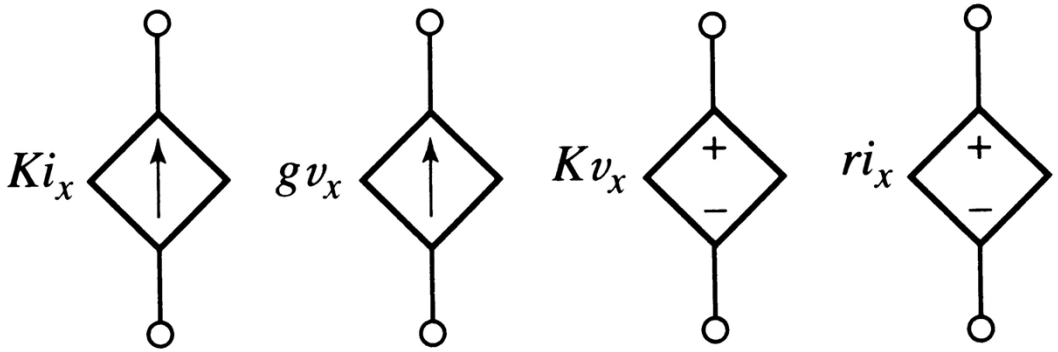
แหล่งจ่ายกระแสอิสระ (Independent Current Sources)



- กราฟแสดงลักษณะเฉพาะของแหล่งจ่ายกระแสอิสระที่เวลา t ใด ๆ

- ค่ากระแสไฟฟ้าของแหล่งจ่ายกระแสจะมีค่าเท่ากับ $i_s(t)$ เสมอ ไม่ว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมแหล่งจ่ายจะมีค่าเท่าใดก็ตาม

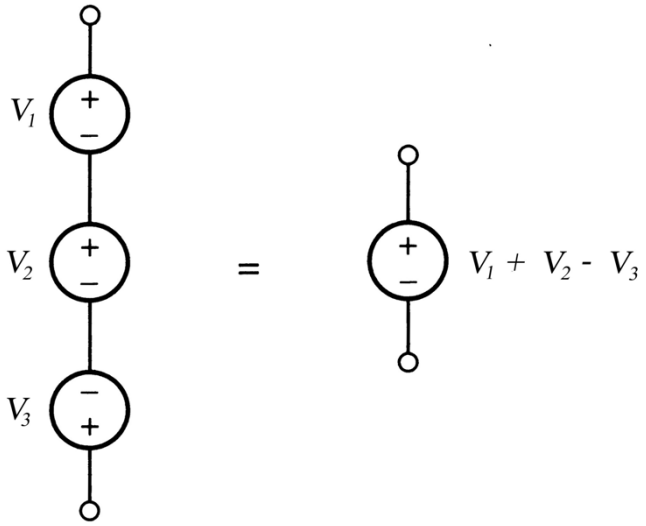
แหล่งจ่ายควบคุม (Controlled Sources)



แหล่งจ่ายควบคุม หรือแหล่งจ่ายไม่อิสระ (Dependent Source) เป็นแหล่งจ่ายซึ่งมีค่าแรงดัน(กระแส)ขึ้นอยู่กับแรงดันหรือกระแสขององค์ประกอบตัวอื่น ๆ ในวงจรไฟฟ้า

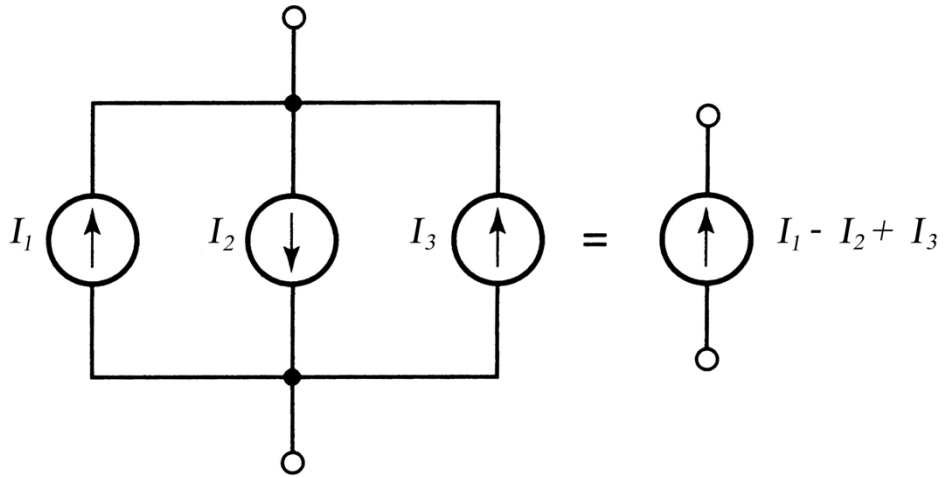
แหล่งจ่ายพลังงานที่ต่ออนุกรมและขนาน

ถ้ามีแหล่งจ่ายแรงดันต่ออนุกรมกันในวงจร เราสามารถรวมเป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเพียงแหล่งจ่ายเดียวได้ โดยการนำแหล่งจ่ายแรงดันแต่ละตัวมาบวกกันทางพีชคณิต

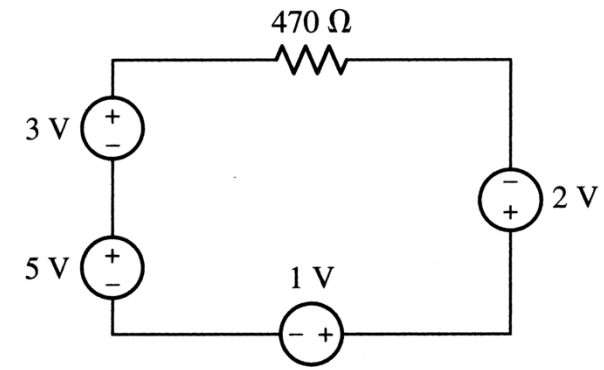


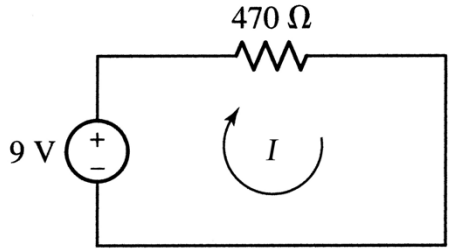
แหล่งจ่ายพลังงานที่ต่ออนุกรมและขนาน

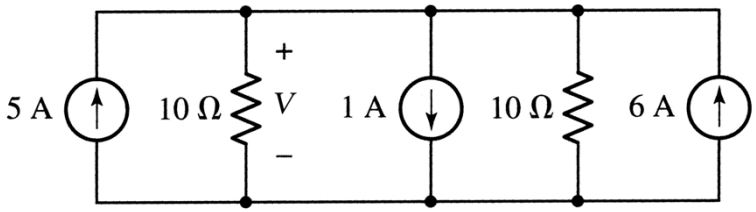
ถ้ามีแหล่งจ่ายกระแสต่อขนานกันในวงจร เราสามารถรวมเป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงเพียงแหล่งจ่ายเดียวได้ โดยการนำแหล่งจ่ายกระแสแต่ละตัวมาบวกกันทางพีชคณิต

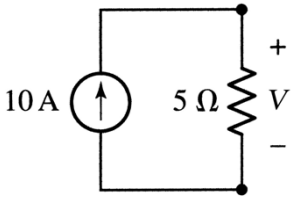


ตัวอย่าง



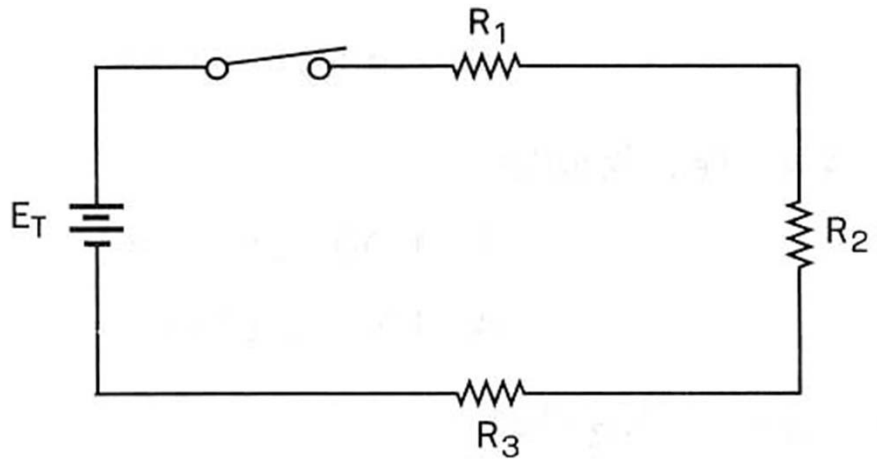






วงจรไฟฟ้าอนุกรม

- กำลังไฟฟ้า

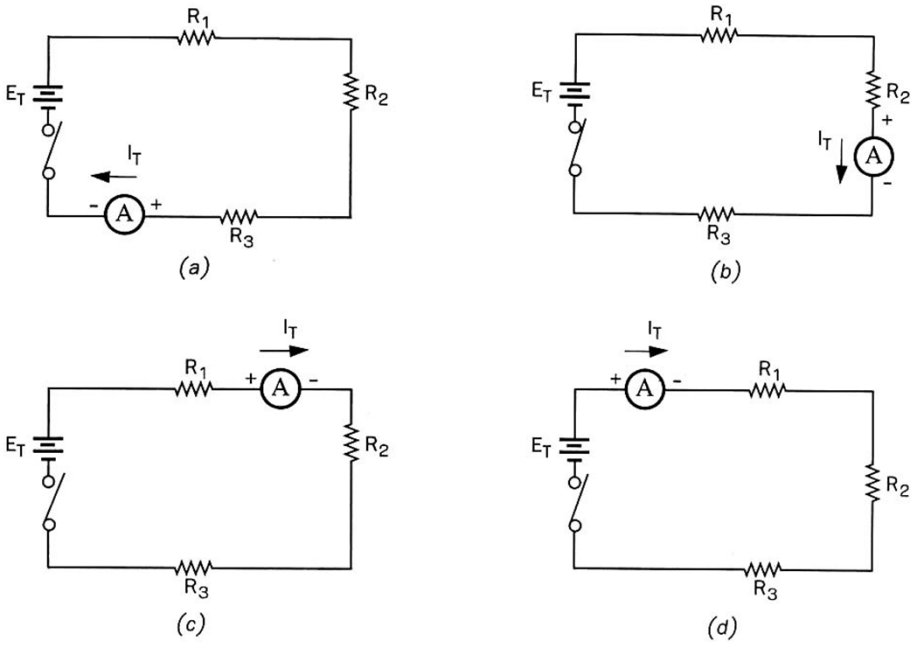


$$P_T = E_T \cdot I_T$$

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + \cdots + P_{Rn}$$

วงจรไฟฟ้าอนุกรม

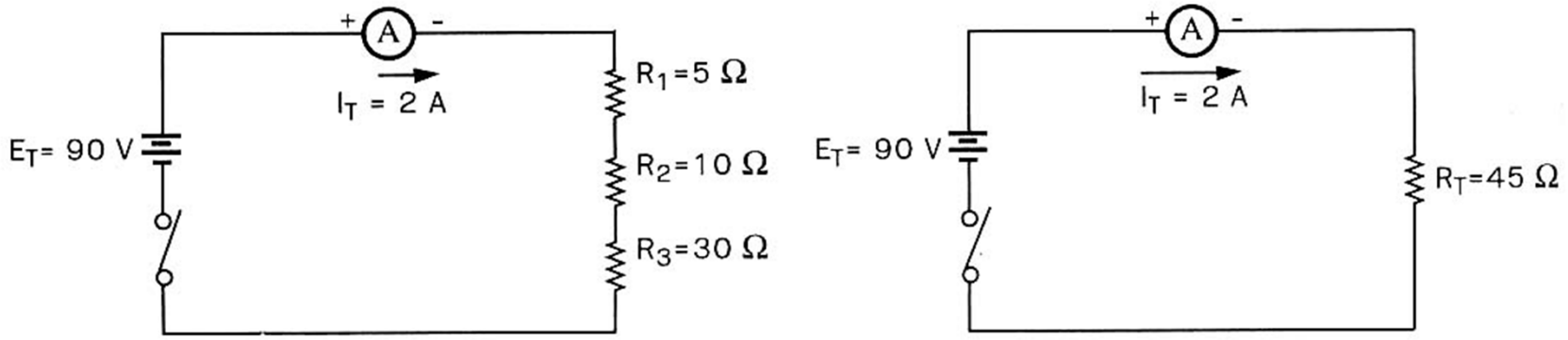
- กระแสไฟฟ้า



$$I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = \cdots = I_{Rn}$$

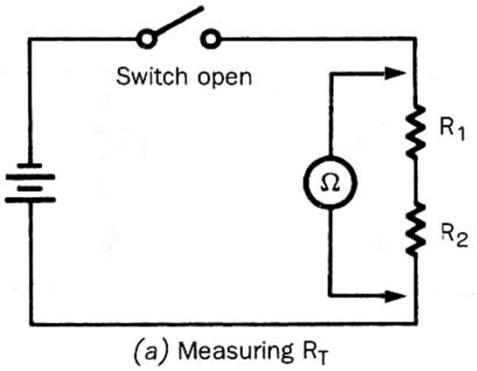
วงจรไฟฟ้าอนุกรม

- ความต้านทาน



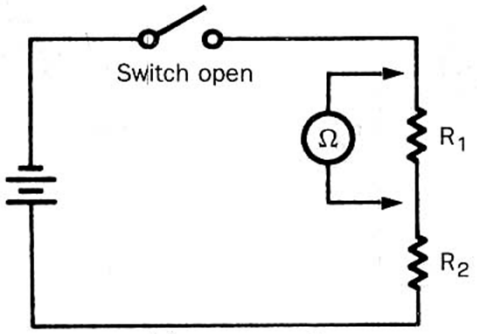
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \cdots + R_n$$

วงจรไฟฟ้าอนุกรม

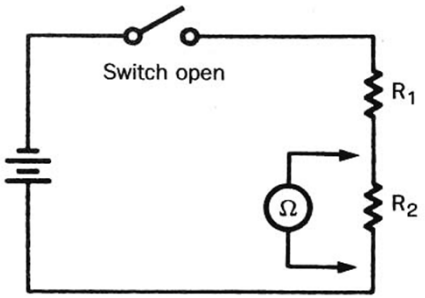


(a) Measuring R_T

$$R_T = R_1 + R_2$$



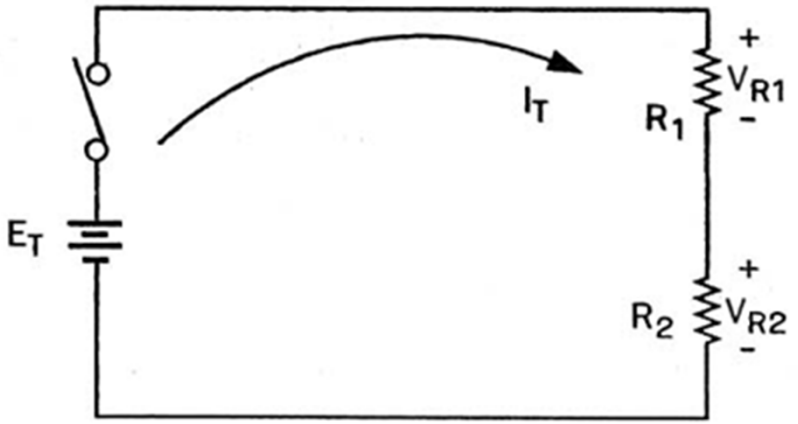
(b) Measuring R_1



(c) Measuring R_2

วงจรไฟฟ้าอนุกรม

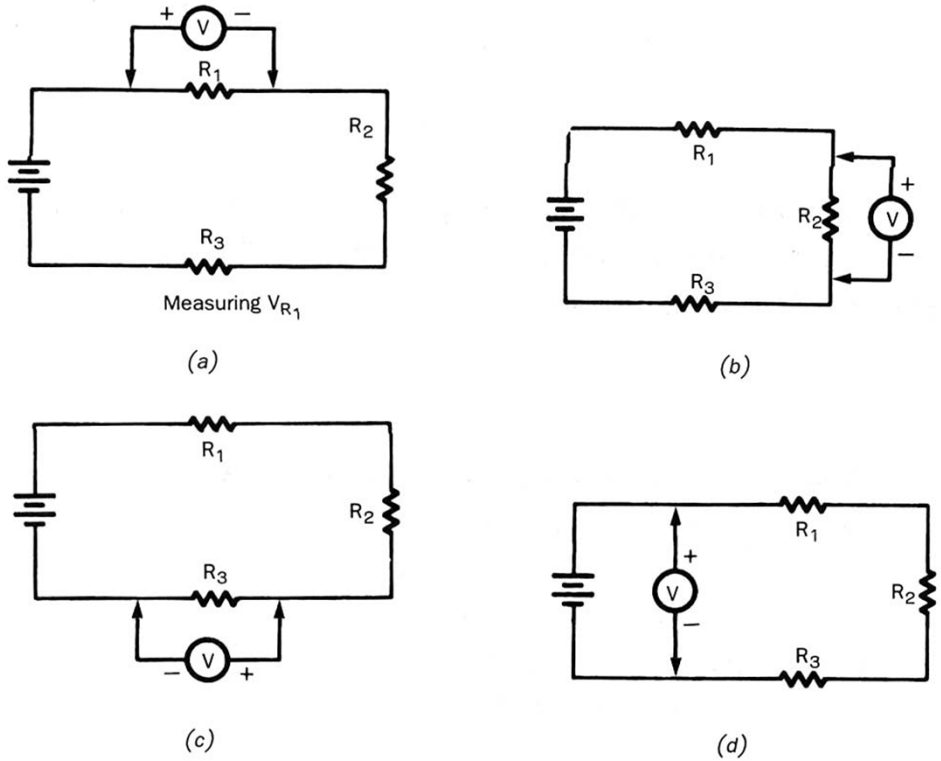
- แรงดันไฟฟ้า



$$E_T = V_{R1} + V_{R2}$$

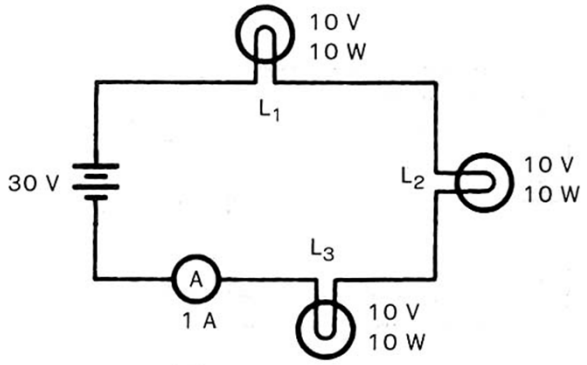
วงจรไฟฟ้าอนุกรม

- แรงดันไฟฟ้า

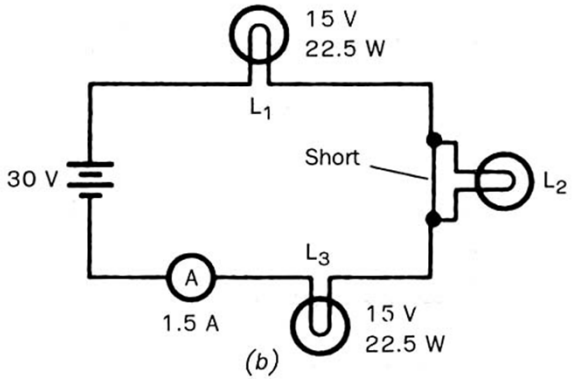


$$E_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3} + \cdots + V_{Rn}$$

การลัดวงจรและวงจรขาด



(a) Normal circuit

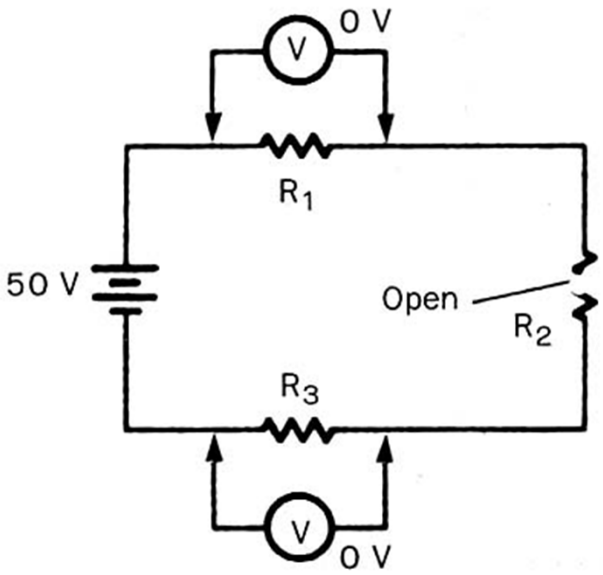


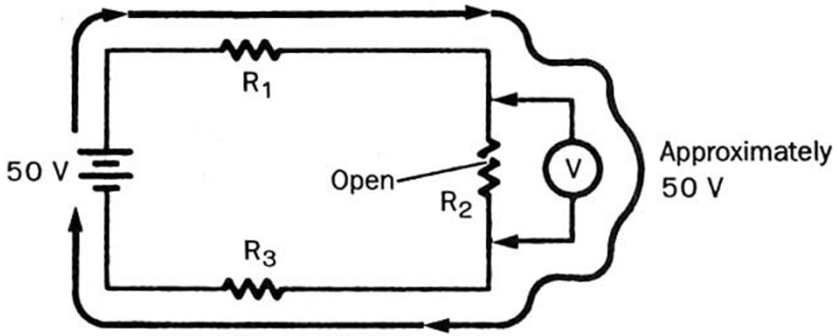
(b)

การลัดวงจร(Short Circuit)

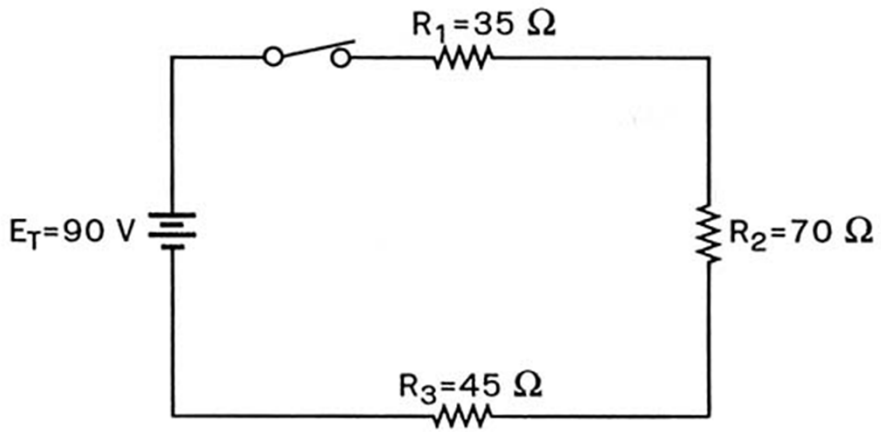
การลัดวงจรและวงจรขาด

วงจรขาด(Open Circuit)





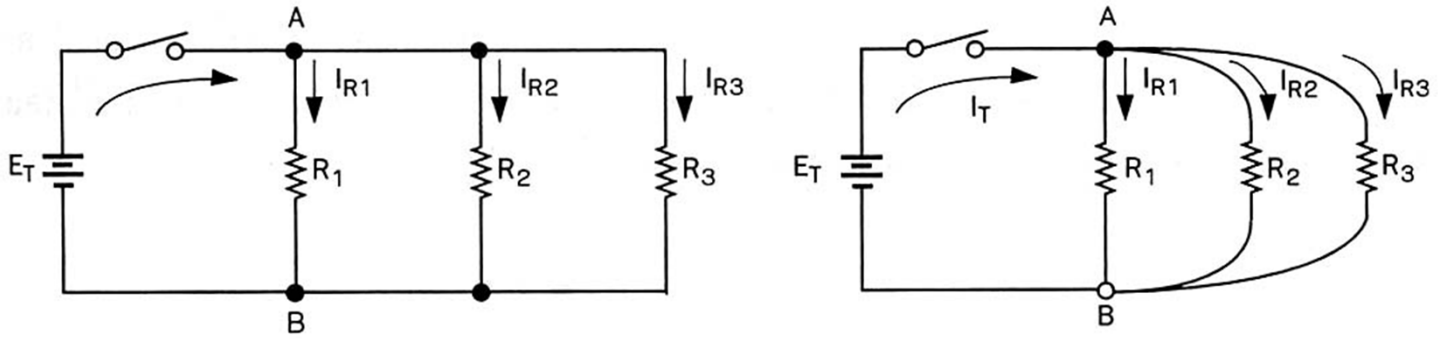
สมการแบ่งแรงดัน



$$V_{Rn} = \frac{E_T \square R_n}{R_T}$$

วงจรไฟฟ้าขนาน

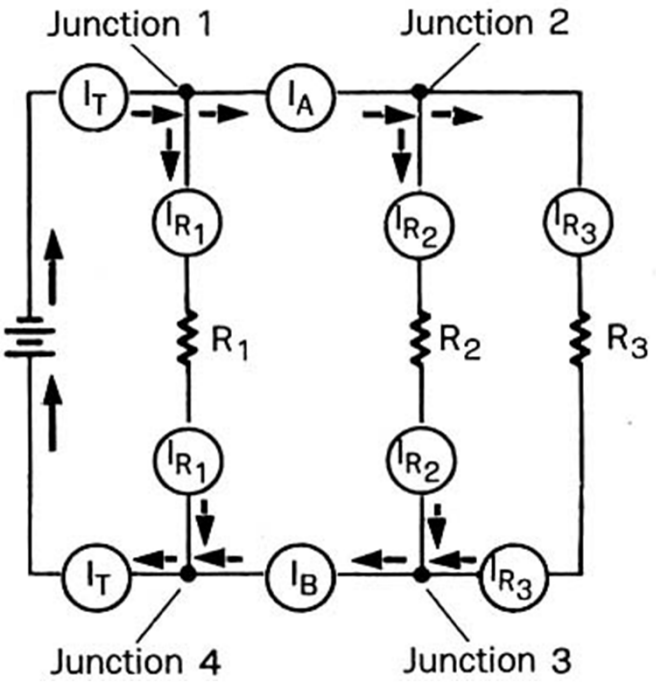
- กำลังไฟฟ้า



$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + \cdots + P_{Rn}$$

วงจรไฟฟ้าขนาน

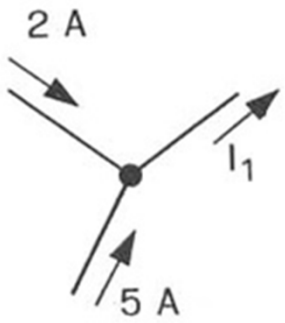
- กระแสไฟฟ้า

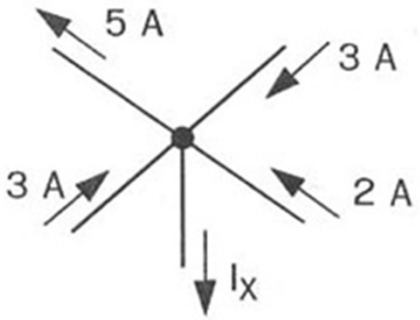


$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} + \cdots + I_{Rn}$$

สมการกระแสไฟฟ้าของเคิร์ชฮอฟฟ์

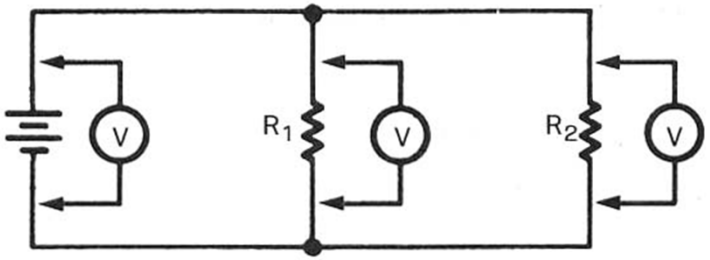
ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าและไหลออกจุดต่อใด ๆ ของวงจรมีค่าเป็นศูนย์ หรือผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุดใด ๆ จะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดนั้น ๆ



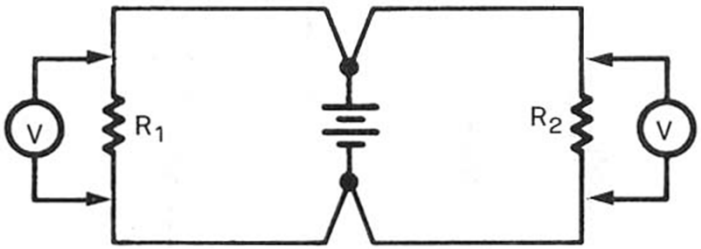


วงจรไฟฟ้าขนาน

- แรงดันไฟฟ้า



(a)

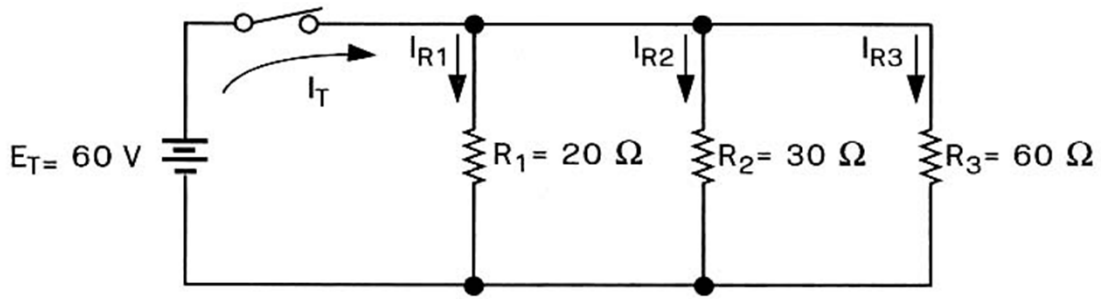


(b)

$$E_T = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = \cdots = V_{Rn}$$

วงจรไฟฟ้าขนาน

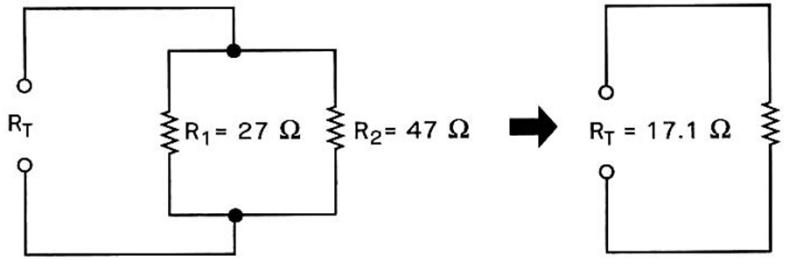
- ความต้านทาน

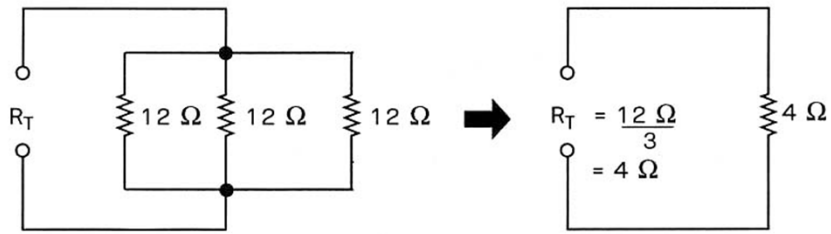


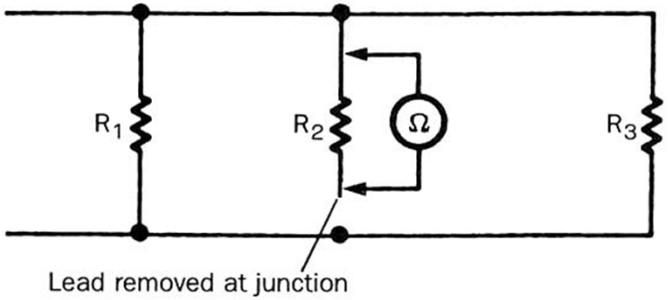
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \cdots + \frac{1}{R_n}}$$

วงจรไฟฟ้าขนาน

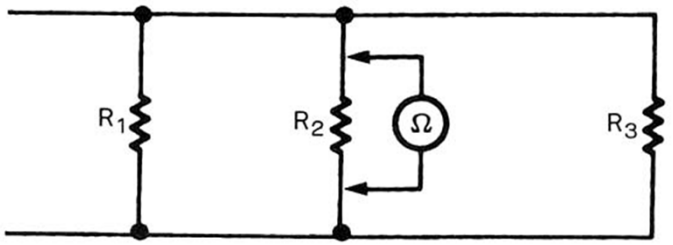
- ความต้านทาน



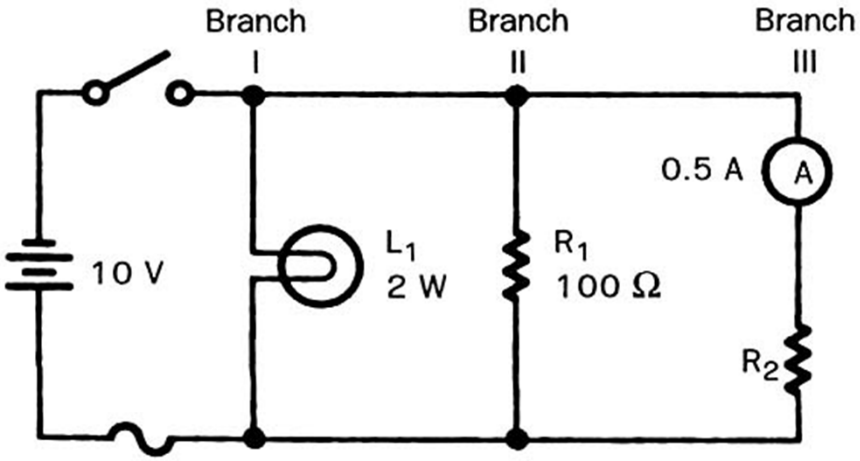




(a) Measuring R_2



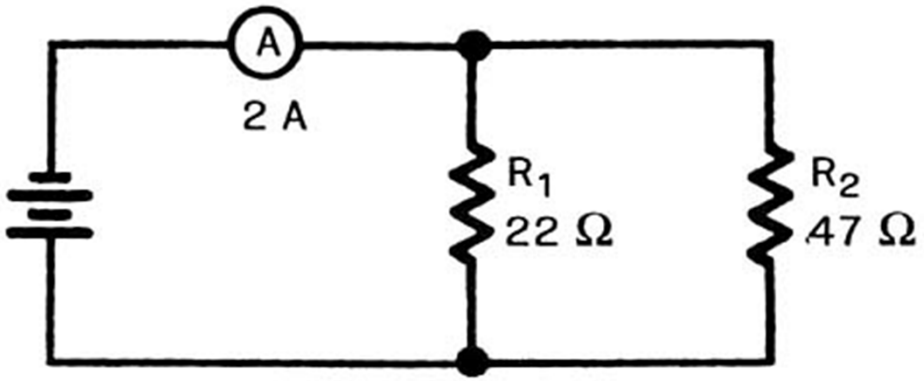
ลองทำดู



จงคำนวนหาค่ากระแส I_T, R_T และ P_T

$$I_T = 0.8\ [A] \qquad R_T = 12.5\ [\Omega] \qquad P_T = 8\ [W]$$

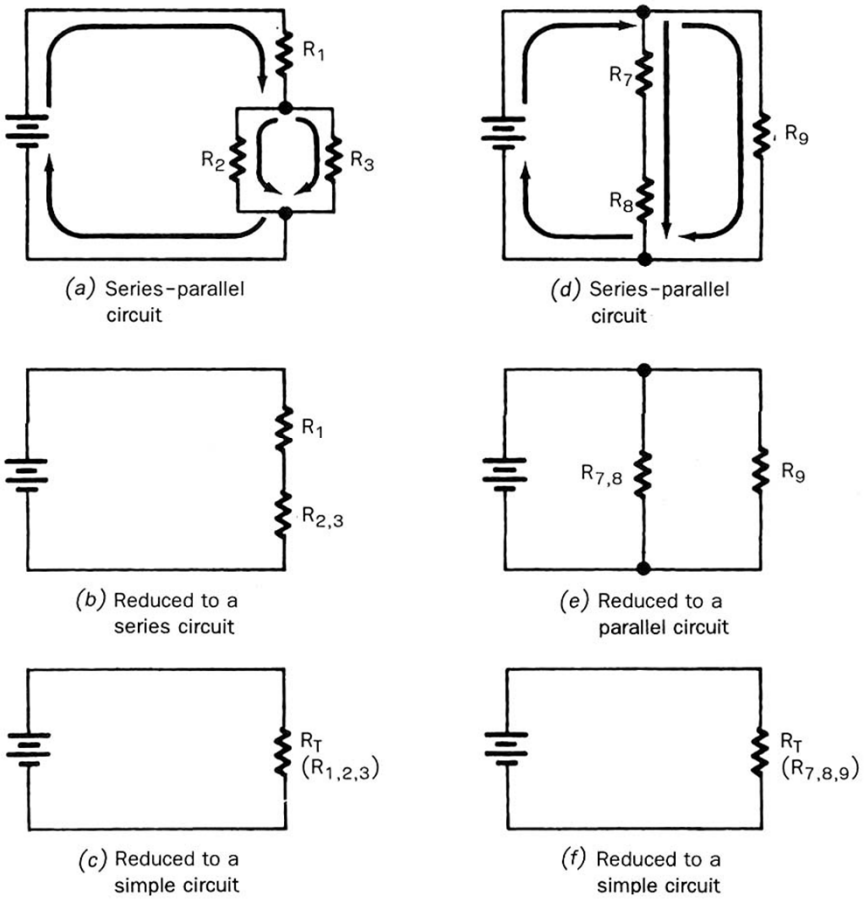
สมการแบ่งกระแส



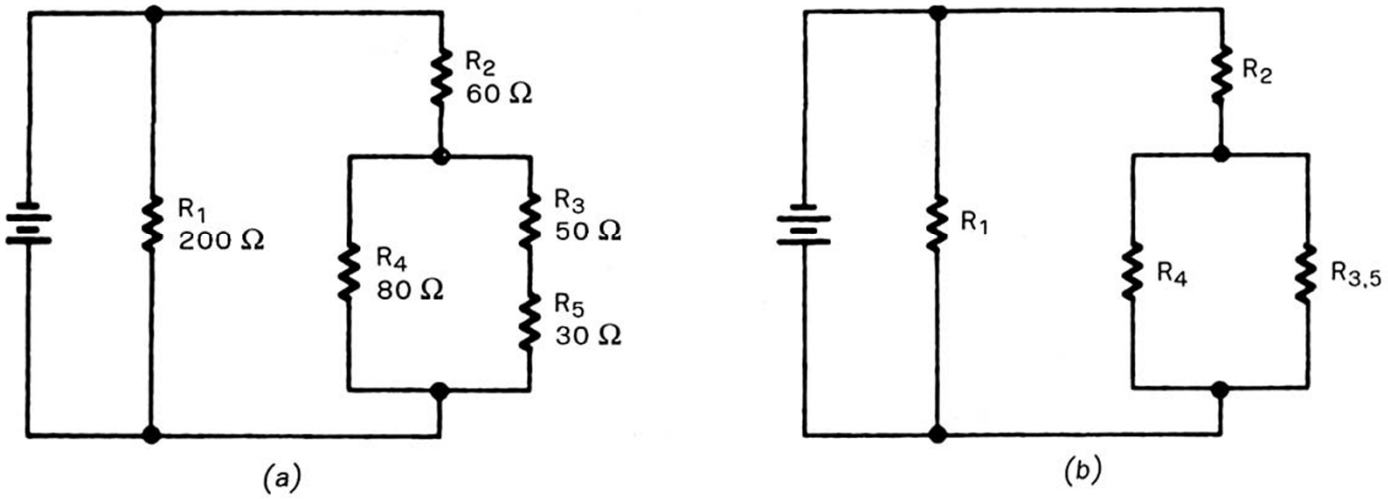
$$I_{R1} = \frac{I_T \cdot R_2}{R_T}$$

$$I_{R2} = \frac{I_T \cdot R_1}{R_T}$$

วงจรไฟฟ้าอนุกรม-ขนาน

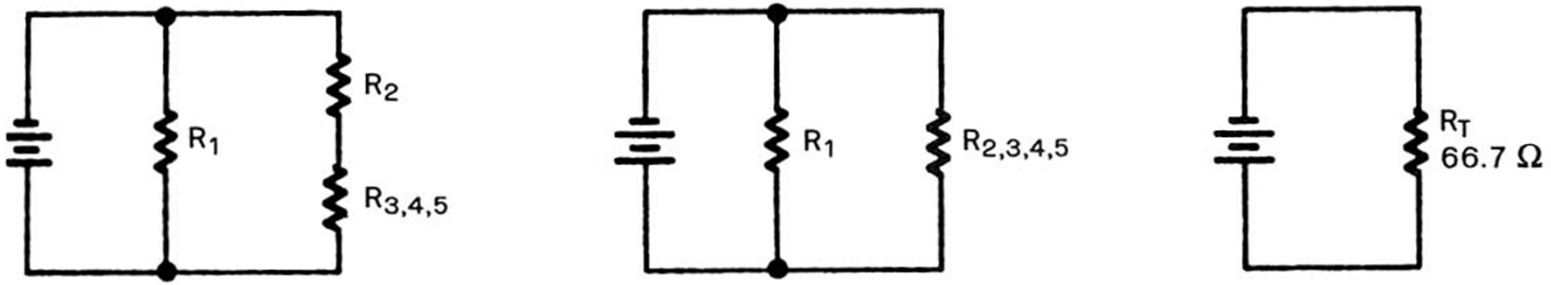


ตัวอย่าง



จงคำนวนหาค่ากระแส R_T, I_x และ P_T เมื่อ E_T=120 [V]

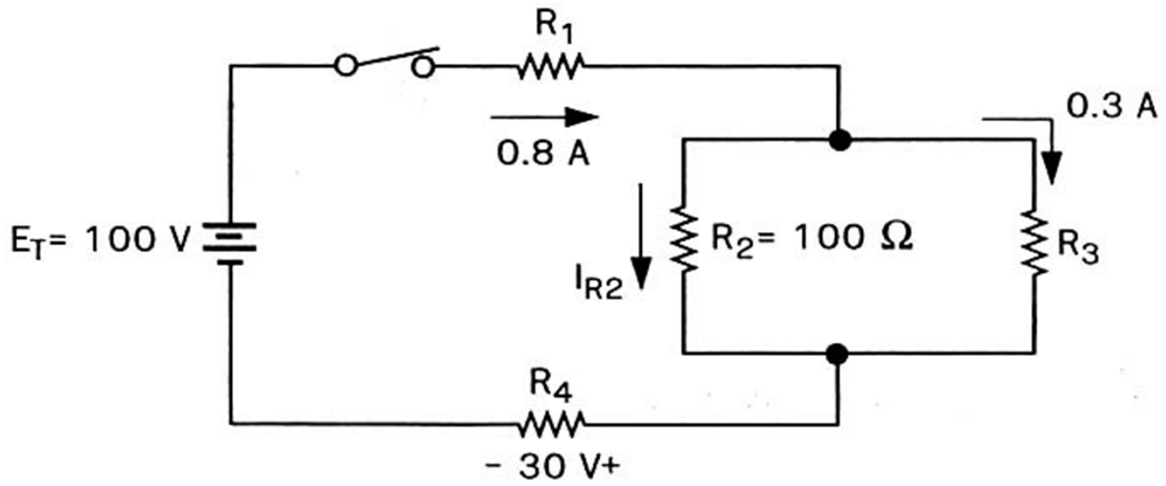
ตัวอย่าง



จากรูปเราจะได้ว่า

$$R_T = 66.7\ [\Omega] \Rightarrow I_T = 1.8\ [A] \Rightarrow P_T = 216\ [W]$$

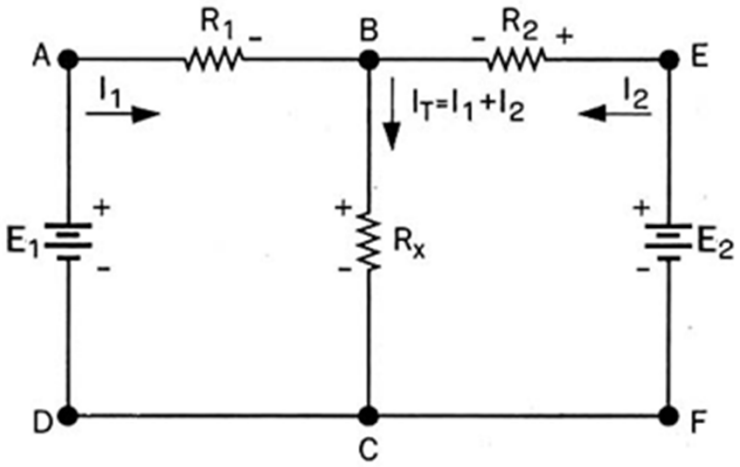
ลองทำดู

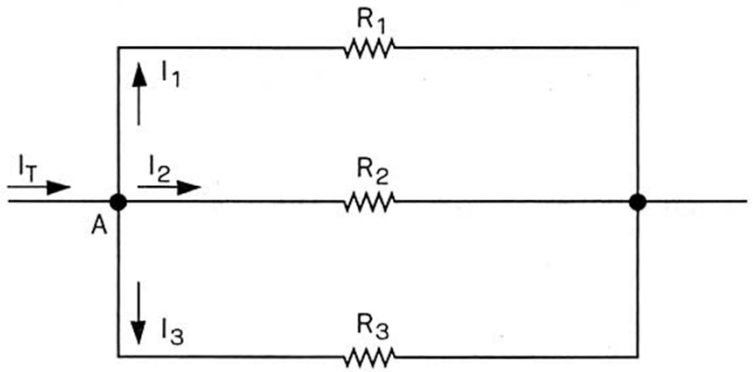


จงคำนวนหาค่า R_3, P_{R4} และ E_{R1}

$$R_3 = 166.7[\Omega] \qquad P_{R4} = 24\ [W] \qquad V_{R1} = 20\ [V]$$

กฎกระแสไฟฟ้าและกฎแรงดันไฟฟ้าเคิร์ชฮอฟฟ์





- กฎกระแสไฟฟ้าของเคิร์ชฮอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law)

ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้าจุดและออก ณ จุดใด ๆ ในวงจรไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์

กฎกระแสไฟฟ้าและกฎแรงดันไฟฟ้าเคิร์ชฮอฟฟ์

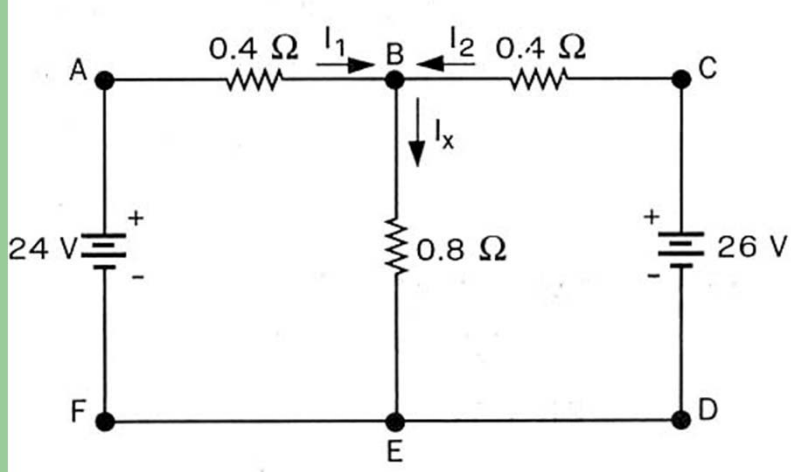
- กฎแรงดันไฟฟ้าของ เคิร์ชฮอฟฟ์(Kirchhoff's Voltage Law)

ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าในวงจรปิดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์

กฎกระแสไฟฟ้าและกฎแรงดันไฟฟ้าเคิร์ชฮอฟฟ์

1. สมมุติทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจร ซึ่งโดยปกติกระแสจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าตัวต้านทานจะทำให้ขั้วของแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานตัวนั้นมีขั้วเป็นบวก และมีขั้วลบในจุดที่กระแสไหลออก โดยทิศทางของแรงดันจะสวนกับทิศของกระแส
3. ถ้ากระแสไหลเข้าแบตเตอรี่ทางขั้วบวก ค่าของแบตเตอรี่นั้นจะเป็นบวก แต่ถ้ากระแสไหลเข้าขั้วลบของแบตเตอรี่ ค่าของแบตเตอรี่นั้นจะติดเครื่องหมายลบ

ตัวอย่าง



จงคำนวนหาค่ากระแส I_x

- วงจรปิดที่ 1 (ABEF)

$$0.4I_1 + 0.8I_x - 24 = 0$$

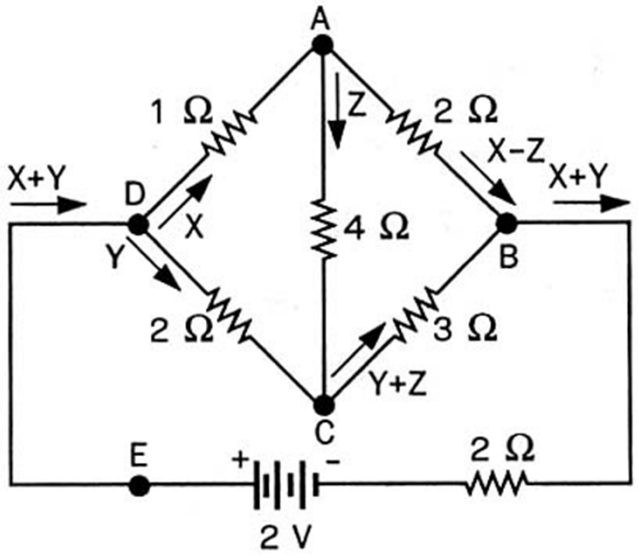
- วงจรปิดที่ 2 (CBED)

$$0.4I_2 + 0.8I_x - 26 = 0$$

- สมการกระแส

$$I_x = I_1 + I_2 \quad \Rightarrow \quad I_1 = 10\ [\mathrm{A}],\ I_2 = 15\ [\mathrm{A}],\ I_3 = 25\ [\mathrm{A}]$$

ลองทำดู



จงคำนวนหาค่ากระแสที่ไหลในแต่ละกิ่ง

$$I_{DA} = \frac{30}{91}\ [A]$$

$$I_{DC} = \frac{17}{91}\ [A]$$

$$I_{AC} = \frac{1}{91}\ [A]$$

$$I_{AB} = I_{DA} - I_{AC} \qquad I_{CB} = I_{DC} + I_{AC} \qquad I_{ED} = I_{DA} + I_{DC}$$

เอกสารอ้างอิง

- Schwarz and Oldham, “Electrical Engineering, 2nd”, Saunders College Publishing, 1993
- Giorgio Rizzoni, “Principles and Applications of Electrical Engineering, 4th”, McGRAW-Hill Companies, 2003
- Alexander Sadiku, “Fundamentals of Electric Circuits, 3rd”, McGRAW-Hill Companies, 2006
- Hayt, Kemmerly, Durbin, “Engineering Circuit Analysis, 7th”, McGRAW-Hill Companies, 2006