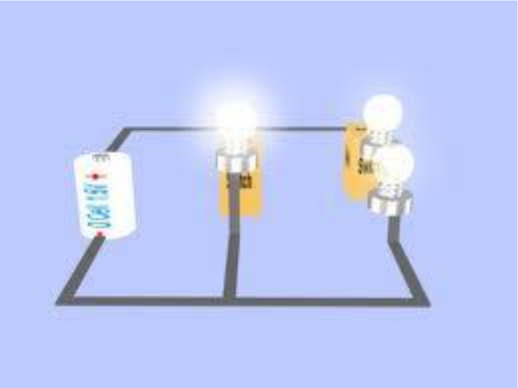
บทที่ 3
วงจรอนุกรม ขนาน และผสม

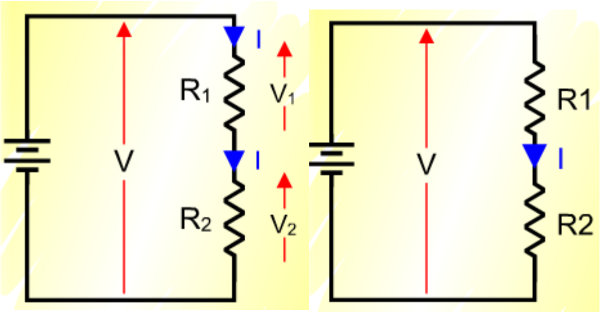


วัตถุประสงค์

1. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทาน ในวงจรความต้านทานอนุกรม ขนาน และวงจรผสม
2. คำนวณวงจรไฟฟ้าอนุกรม ขนาน และวงจรผสมได้

1-1 วงจรอนุกรม(Series Circuit)

รูปที่ 2.1



ตัวต้านทาน เมื่อต่ออนุกรมจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันและไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัวด้วยค่าที่เท่ากัน เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา ค่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรมนั้นเท่ากับผลรวมของความต้านทานทุกตัว($R_1+R_2=R_T$) ลักษณะดังรูปที่ 2.1 วงจรอนุกรมตัวต้านทานแหล่งจ่ายไฟฟ้า V จะแบ่งออกไปที่ตัวต้านทานสองตัว คือ V_1 และ V_2 ดังนั้นสมการ คือ $\mathbf{V = V_1+V_2}$

เมื่อใช้กฎของโอห์ม คือ

$IR_T = IR_1 + IR_2$

เมื่อ R_T = ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม

เมื่อ I ทุกตัวเท่ากัน ดังนั้น

$$R_T = R_1 + R_2$$

ตัวอย่างที่ 2-1 ค่าความต้านทานรวมของตัวต้านทาน 3 ตัว ค่าตัวละ 200Ω ต่ออนุกรมกัน มีค่าเท่าไร

<u>วิธีทำ</u> $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

$= 200 + 200 + 200\ \Omega$

<u>ตอบ</u> $R_T = 600\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 2.2 จากวงจรไฟฟ้าอนุกรมในรูป 2-2 จงหาค่าของ

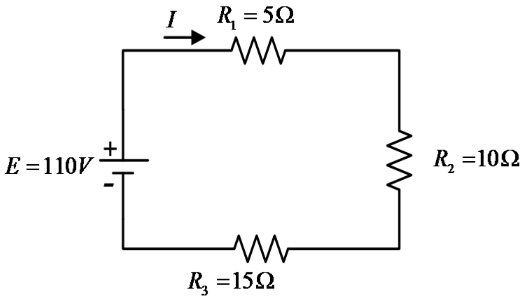
ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว

ง. กำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน

จ. กำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร



รูปที่ 2.2

<u>**วิธีทำ**</u> **ก.** R_T

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \qquad = 5 + 10 + 15$$

$$R_T = 30\,\Omega$$

ข. I

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{110\,V}{30\,\Omega} \qquad I = 3.67\,A$$

ค. V_1, V_2, V_3

$$V_1 = IR_1 = 3.67 \times 5 = 18.35\,V$$

$$V_2 = IR_2 = 3.67 \times 10 = 36.7\,V$$

$$V_3 = IR_3 = 3.67 \times 15 = 55.05\,V$$

ง. P_T

$$P_1 = V_1 I = 18.35 \times 3.67 = 67.34 W$$

$$P_2 = V_2 I = 36.7 \times 3.67 = 134.68 W$$

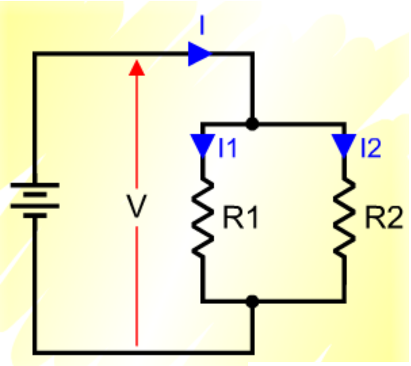
$$P_3 = V_3 I = 55.05 \times 3.67 = 202.03 W$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 404.06 W$$

หรือ $$P_T = EI = 110 \times 3.67 = 403.7 W$$

2-2 วงจรขนาน(Parallel Circuit)

ตัวต้านทาน เมื่อต่อขนานจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา ไหลแยกไปสู่ตัวต้านทานแต่ละตัวที่ขนานกัน ผลรวมของกระแสที่ไหลผ่าตัวต้านทานในวงจรขนานรวมกัน จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา(I_1+I_2=I) ค่าความต้านทานรวมของวงจรขนานจะลดลงน้อยกว่าค่าของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุด ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2-3

แรงดันไฟฟ้า(V) ที่ตกคร่อมความต้ารนทานทุกตัวในวงจรขนานจะเท่ากัน กระแสไฟฟ้ารวมในวงจรขนานจะเท่ากับกระแสไฟฟ้า ย่อยทุกตัวในแต่ละสาขารวมกัน

คือ $I = I_1 + I_2$ เมื่อแทนค่ากระแสด้วยกฎของโอห์ม จะได้ว่า

$$\frac{V}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

แต่ V ทุกตัวเท่ากัน ดังนั้น

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

หรือ $$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2}$$

ตัวอย่างที่ 2-3 ค่าความต้านทาน 2 ตัว ตัวละ 200Ω ขนานกัน จะมีค่าความต้านทานรวมเท่าไร

<u>วิธีทำ</u>

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 \times R_2}$$

$$R_T = \frac{200 \times 200}{400}$$

<u>ตอบ</u> $R_T = 100\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 2-4 วงจรไฟฟ้าแบบขนานในรูป 2-4 จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้ เมื่อกำหนดให้แรงดันที่แหล่งจ่าย 24 โวลต์

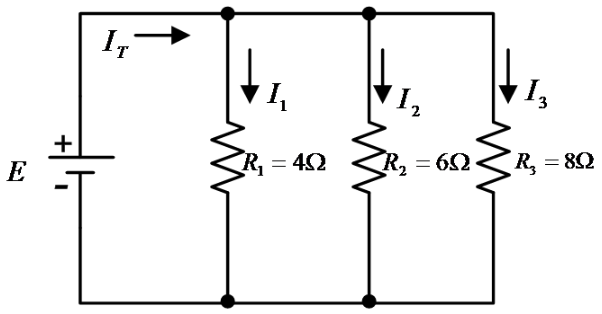
ก. ความต้านทานรวมในวงจร

ข. กระแสไฟฟ้าในวงจร

ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว

ง. กำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน

จ. กำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร



รูปที่ 2-4

<u>วิธีทำ</u> ก. R_T

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{6} + \frac{1}{8}$$

$$= \frac{6+4+3}{24} = \frac{13}{24}$$

$$R_T = \frac{24}{13} = 1.84\,\Omega$$

ข. I

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{24}{4} = 6A$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{24}{6} = 4A$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{24}{8} = 3A$$

$$I_T = 6 + 4 + 3 = 13\,A$$

หรือ $$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{24}{1.84} = 13A$$

ค. P_1

$$P_1 = E \times I_1 = 24 \times 6 = 144\,W$$

หรือ $$P_1 = I_1^2 R_1 = (6)^2 \times 4 = 144\,W$$

หรือ $$P_1 = \frac{E^2}{R_1} = \frac{(24)^2}{4} = 144\,W$$

- หาค่า P_2

$$P_2 = E \times I_2 = 24 \times 4 = 96\,W$$

- หาค่า P_3

$$P_3 = \frac{E^2}{R_3} = \frac{(24)^2}{6} = 96W$$

$$P_3 = E \times I_3 = 24 \times 3 = 72\,W$$

หรือ $$P_3 = I_3^2 R_3 = (3)^2 \times 8 = 72\,W$$

หรือ $$P_3 = \frac{E^2}{R_3} = \frac{(24)^2}{8} = 72\,W$$

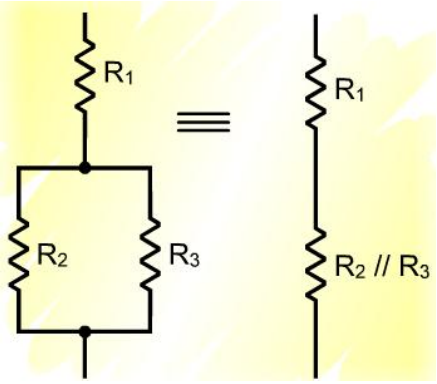
- กำลังไฟฟ้ารวม P_T

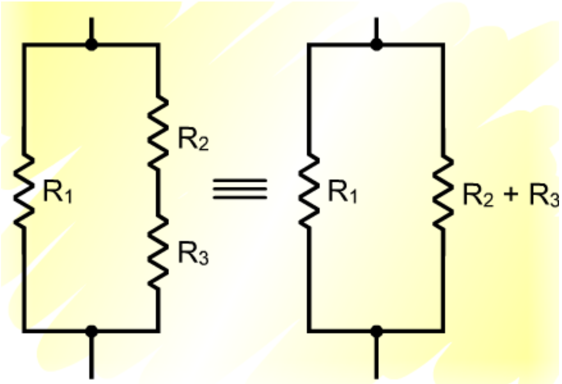
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 312\,W$$

ตอบ $$P_T = EI_T = 24 \times 13 = 312\,W$$

2-3 วงจรผสม(Combination Circuit)

การต่อตัวต้านทานผสมกันในวงจร ระหว่างอนุกรมและขนาน ตัวอย่างดังรูปที่ 2-5 จะเห็นว่าผลรวมของตัวต้านทาน R_2 และ R_3 ที่ขนานกัน คือ $R_2 \,//\, R_3$ และเมื่อแปลงแล้ว ความต้านทานรวมของทั้งวงจร คือ $R_T = R_1 + R_2 // R_3$





รูปที่ 2-5 **รูปที่ 2-6**

ตัวอย่างที่ 2-5 จากวงจรผสมในรูปที่ 2-6 ถ้า $R_1 = 400\ \Omega$

R_2 และ $R_3 = 300\ \Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร

<u>**วิธีทำ**</u> R_2 และ R_3 อนุกรมกัน ดังนั้น

$R_2 + R_3 = 300 + 300 = 600\ \Omega$

แต่ $R_2 + R_3$ ขนานกับ R_1

ดังนั้น $R_T = R_1 /\!/ \quad R_2 + R_3$

$$= \frac{1}{400} + \frac{1}{600}$$

<u>**ตอบ**</u> $R_T = 240\ \Omega$

ตัวอย่างที่ 2-6 จากวงจรแบบผสมต่อไปนี้ จงหาค่าของ

ก. ความต้านทานรวมของวงจร

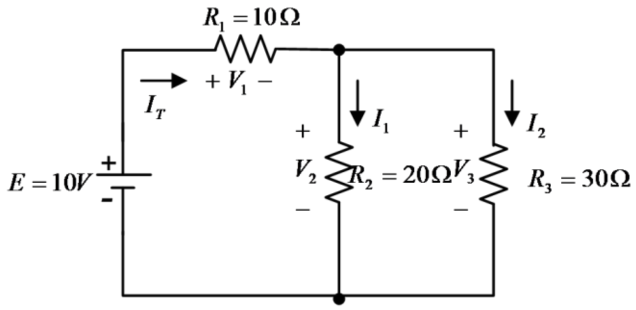
ข. กระแสรวม I_T

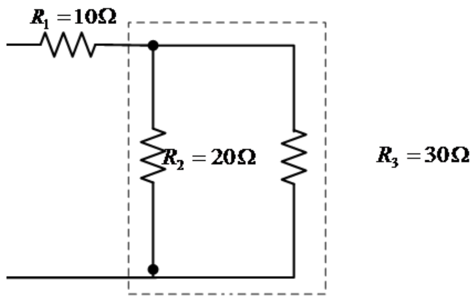
ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน

ง. กระแส I_1, I_2

จ. กำลังไฟฟ้าที่ R_1 และ $(R_2 /\!/ R_3)$

ฉ. กำลังไฟฟ้ารวมของวงจร





$R_2 /\!/ R_3$

<u>**วิธีทำ**</u> **ก.** หาค่าความต้านทานรวม

$$R_2 /\!/ R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(20)(30)}{20+30} = 12\,\Omega$$

$$R_T = R_1 + (R_2 /\!/ R_3) = 10 + 12 = 22\,\Omega$$

ข. หาค่ากระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{10V}{22\Omega} \quad I_T = 0.454\,A$$

ค. หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$V_1 = I_T R_1 = (0.454)(10) \quad V_1 = 4.54V$$

$$V_2 = V_3 = I_T (R_2 // R_3)$$

$$= (0.454)(12) \quad V_2 = 5.45V$$

ง. หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 และ R_3

$$I_1 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{5.45V}{20\Omega} \quad I_1 = 0.272A$$

$$I_2 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{5.45V}{30\Omega} \quad I_2 = 0.18A$$

จ. หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน R_1 และ $R_2 // R_3$

- ค่ากำลังไฟฟ้าที่ R_1

$$P_1 = V_1 I_1 = (4.54)(0.454) = 2.06W$$

- ค่ากำลังไฟฟ้าที่ $R_2 // R_3$

$$P_{23} = V_2 I_T = (5.45)(0.454) = 2.487W$$

ฉ. หาค่ากำลังไฟฟ้ารวมของวงจร

$$P_T = I_T E = (0.454)(10) = 4.54W$$

2-4 สรุป

1 วงจรอนุกรม

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

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots . I_n$$

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots E_n$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_n$$

2 วงจรขนาน

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots . V_n$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots I_n$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots\ldots\ldots + \frac{1}{R_n}$$

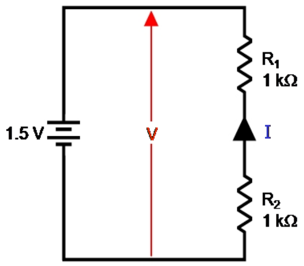
$$R_{Parallel} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3}$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \ldots P_n$$

แบบฝึกหัด วงจรอนุกรม ขนาน ผสม

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

จากวงจรไฟฟ้าต่อไปนี้ใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 - 2



รูปที่ 1

1. วงจรไฟฟ้าในรูปนี้ คือข้อใด

ก. วงจรขนาน

ข. วงจรอนุกรม

ค. วงจรผสม

ง. วงจรอนุกรม-ขนาน

2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านค่า R_1 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 0.25 A　　ข. 0.5 A

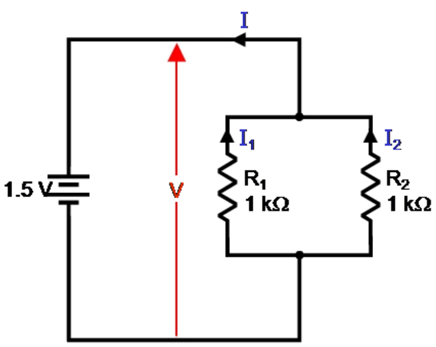
ค. 0.75 mA　　ง. 50 mA

3. ตัวต้านทาน ค่า 1.5 kΩ 2 ตัว ต่ออนุกรมกันและต่อกับแหล่งจ่ายไฟฟ้า ดี.ซี. 1.5V ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานตัวแรก 0.5A กระแสไฟฟ้าในข้อใดที่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่สอง

ก. 1.0 mA　　ข. 1.5 mA

ค. 2.0 mA　　ง. 0.5 mA

จากวงจรฟ้าต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 4-8



รูปที่ 2

4. ค.ต.ท. รวมของวงจรนี้มีค่าเท่าไร

ก. 250 Ω

ข. 0.75kΩ

ค. 500 Ω

ง. 2 kΩ

5. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 1.5 mA ข. 0.75 mA

ค. 3 mA ง. 2.5 mA

6. กระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมามีค่าเท่าไร

ก. 1.5 mA ข. 3 mA

ค. 2 mA ง. 4 mA

7. กำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมาทั้งหมดมีค่าเท่าไร

ก. 13.5 mW ข. 13.5 W

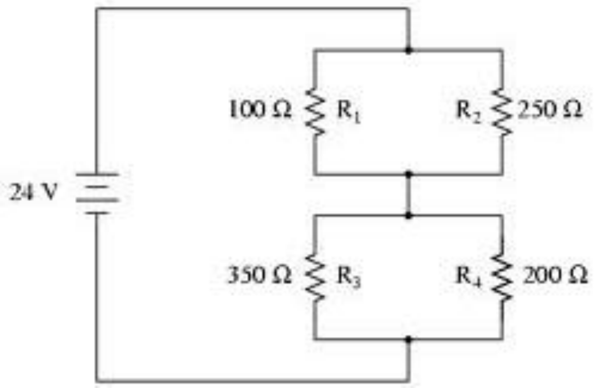
ค. 2 mA ง. 6.5 W

8. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทาน R_1 เท่ากับ R_2 หรือไม่และมีค่าเท่าไร

ก. เท่ากัน , 13.5 mW ข. ไม่เท่ากัน , 6.5 mW , 7.5 mW

ค. เท่ากัน , 7.5 mW ง. เท่ากัน , 6.5 mW

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 9 – 12



รูปที่ 3

9. ความต้านทาน R_1 และ R_2 ขนานกัน มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 69.2 Ω ข. 55.4 Ω

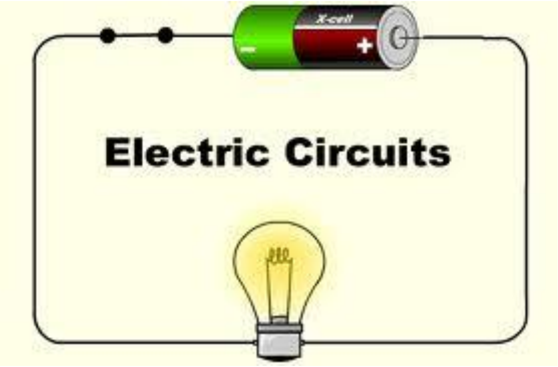
ค. 71.4 Ω ง. 89.3 Ω

10. ความต้านทาน R_3 และ R_4 ขนานกัน มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 122.6 Ω	ข. 125.5 Ω
ค. 127.3 Ω	ง. 132.3 Ω

11. ความต้านทานรวมของวงจรนี้มีค่าเท่าไร

ก. 198.7 Ω	ข. 189.7 Ω
ค. 182.5 Ω	ง. 192.5 Ω

12. กระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24V จ่ายออกมาทั้งหมดเท่ากับข้อใด

ก. 90 mA	ข. 100 mA
ค. 110 mA	ง. 120 mA