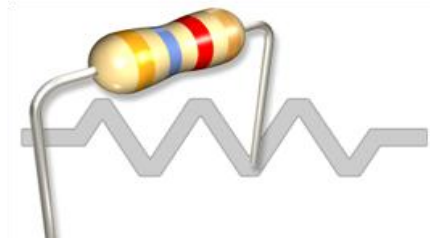


บทที่ 2

วงจรความต้านทาน

วัตถุประสงค์

1. รู้จักตัวต้านทาน และอ่านค่าตัวต้านทานได้ถูกต้อง
2. เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานในวงจร
3. บอกความแตกต่างของวงจรตัวต้านทานแต่ละแบบได้
4. กำหนดวงจรไฟฟ้าอนุกรม ขนาน และวงจรผสมได้



2-1 ตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน(Resistor) คืออุปกรณ์พื้นฐานทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่ใช้เพื่อจำกัดค่ากระแสไฟฟ้านำในวงจรไฟฟ้า ตัวต้านทานมีหลายชนิด เช่น ชนิดขดลวด(Wire wound) ชนิดกระเบื้อง(Ceramic) ชนิดฟิล์มโลหะ(Metal Film) และชนิดฟิล์มคาร์บอน(Carbon Film)



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ของตัวต้านทานใช้ได้ 2 แบบ



รูปที่ 2.2 ลักษณะของตัวต้านทาน ชนิดต่างๆ

ตารางที่ 2.1 ค่ามาตรฐาน ตัวต้านทาน อนุกรม E24

10Ω	100 Ω	1.0kΩ	10kΩ	100kΩ	1MΩ
11Ω	110 Ω	1.1kΩ	11kΩ	110kΩ	
12Ω	120 Ω	1.2kΩ	12kΩ	120kΩ	
13Ω	130 Ω	1.3kΩ	13kΩ	130kΩ	
15Ω	150 Ω	1.5kΩ	15kΩ	150kΩ	
16Ω	160 Ω	1.6kΩ	16kΩ	160kΩ	
18Ω	180 Ω	1.8kΩ	18kΩ	180kΩ	
20Ω	200 Ω	2.0kΩ	20kΩ	200kΩ	
22Ω	220 Ω	2.2kΩ	22kΩ	220kΩ	
24Ω	240 Ω	2.4kΩ	24kΩ	240kΩ	
27Ω	270 Ω	2.7kΩ	27kΩ	270kΩ	
30Ω	300 Ω	3.0kΩ	30kΩ	300kΩ	
33Ω	330 Ω	3.3kΩ	33kΩ	330kΩ	
36Ω	360 Ω	3.6kΩ	36kΩ	360kΩ	
39Ω	390 Ω	3.9kΩ	39kΩ	390kΩ	
43Ω	430 Ω	4.3kΩ	43kΩ	430kΩ	
47Ω	470 Ω	4.7kΩ	47kΩ	470kΩ	
51Ω	510 Ω	5.1kΩ	51kΩ	510kΩ	
56Ω	560 Ω	5.6kΩ	56kΩ	560kΩ	
62Ω	620 Ω	6.2kΩ	62kΩ	620kΩ	
68Ω	680 Ω	6.8kΩ	68kΩ	680kΩ	
75Ω	750 Ω	7.5kΩ	75kΩ	750kΩ	
82Ω	820 Ω	8.2kΩ	82kΩ	820kΩ	
91Ω	910 Ω	9.1kΩ	91kΩ	910kΩ	

ค่าความต้านทาน ตามอนุกรม E24

ค่าความต้านทาน(Ω) ของตัว

ต้านทาน(R) ไม่ได้มีทุกค่า

แต่ได้กำหนดไว้ ในอนุกรม E24 ให้มี

ค่ามาตรฐาน 24 ค่า ตั้งแต่ 10Ω

จนถึง $1M\Omega$ ดังแสดงในตารางที่ 2.1

การอ่านค่าสีของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานทั่วไปจะมีแถบรหัสสี 4 แถบ พิมพ์ลงบนตัวต้านทานซึ่งมีวิธีอ่านค่าความต้านทานดังนี้

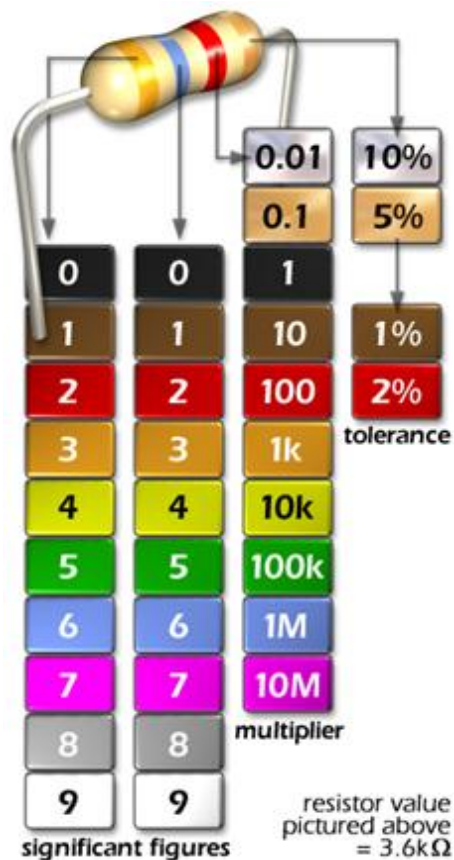
แถบที่ 1 บอกค่าความต้านทานหลักที่ 1

แถบที่ 2 บอกค่าความต้านทานหลักที่ 2

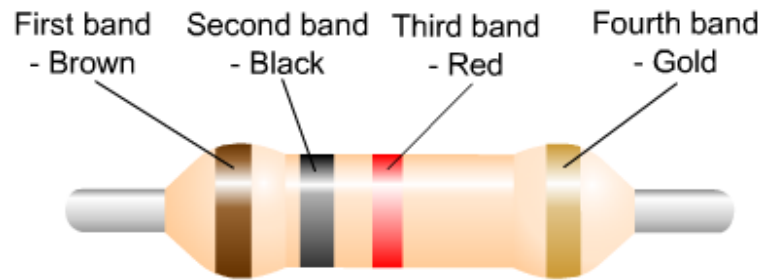
แถบที่ 3 บอกค่าตัวคูณ(จำนวนเลข 0 ที่จะเขียน ต่อจาก 2 หลักแรก)

แถบที่ 4 บอกร้อยละของค่าผิดพลาด(%)

ของตัวต้านทาน



รูปที่ 2.3

ตัวอย่างที่ 2-1 จงอ่านค่าตัวต้านทานตัวนี้

แถบที่ 1 = 1 (สีน้ำตาล / Brown)

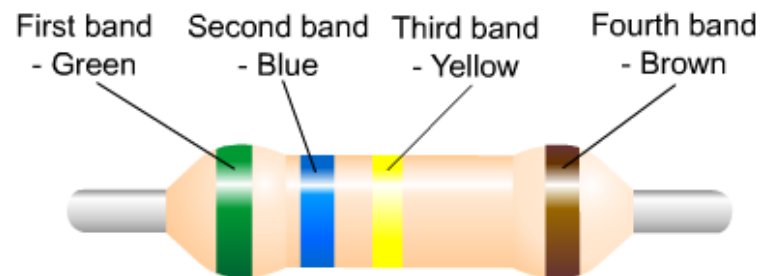
แถบที่ 2 = 0 (สีดำ / Black)

แถบที่ 3 = 100 (สีแดง / Red)

แถบที่ 4 = 5% (สีทอง / Gold)

อ่านค่าได้ $1000 \Omega \pm 5\%$

ตอบ ตัวต้านทานตัวนี้มีค่า 1000Ω หรือ $1 \text{ K}\Omega$ ค่าผิดพลาด $\pm 5\%$

ตัวอย่างที่ 2-2 จงอ่านค่าตัวต้านทานต่อไปนี้

แถบที่ 1 = 5 (สีเขียว / Green)

แถบที่ 2 = 6 (สีน้ำเงิน / Blue)

แถบที่ 3 = 4=10,000 (สีเหลือง / Yellow) 4 คือ ศูนย์ 4 ตัว

แถบที่ 4 = 1 (สีน้ำตาล / Brown)

อ่านค่าได้ $560\,000 \pm 1\% = 560,000 \Omega$

= $560 \text{ K}\Omega \pm 1\%$

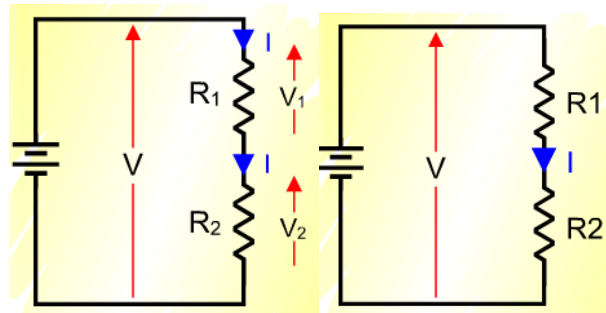
ตอบ ตัวต้านทานตัวนี้มีค่า $560 \text{ K}\Omega$ ค่าผิดพลาด $\pm 1\%$

2-2 วงจรความต้านทาน

วงจรความต้านทาน คือ วงจรไฟฟ้าพื้นฐาน ที่ใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ของ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า การต่อวงจร ต่อได้หลายรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งาน เช่น การต่อแบบอนุกรม(Series) การต่อแบบขนาน(Parallel) และการต่อ แบบอนุกรม-ขนาน(หรือแบบผสม) (Series-Parallel) ดังนั้น การต่อตัวต้านทานแบบต่างๆจะทำให้ได้ค่าความสัมพันธ์ ของค่ากระแส แรงดัน ค่ากำลัง ไฟฟ้า เปลี่ยนไป

2-2-1 วงจรอนุกรม ขนาน และผสม

1. วงจรอนุกรม ตัวต้านทาน เมื่อต่ออนุกรมจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลไปในทิศทางเดียวกันและ ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัวด้วยค่าที่เท่ากัน เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา ค่าความต้านทานรวมของวงจรอนุกรมนั้นเท่ากับผลรวมของความต้านทานทุกตัว($R_1+R_2=R_T$) ลักษณะดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 วงจรอนุกรมตัวต้านทาน

แหล่งจ่ายไฟฟ้า V จะแบ่งออกไปที่ตัวต้านทานสองตัว คือ V_1 และ V_2 ดังนั้นสมการคือ $V = V_1 + V_2$ ตามกฎของโอห์ม คือ

$$IR_T = IR_1 + IR_2$$

เมื่อ R_T = ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม
และ I ทุกตัวมีค่าเท่ากัน ดังนั้น

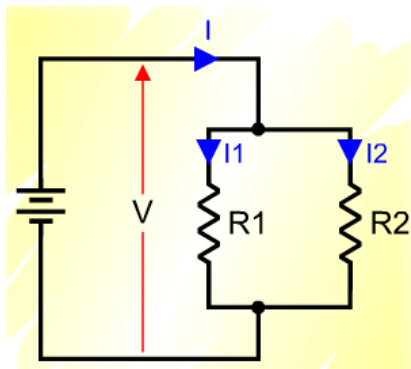
$$R_T = R_1 + R_2$$

ตัวอย่างที่ 2-3 ค่าความต้านทานรวมของตัวต้านทาน 3 ตัว ค่าตัวละ 200Ω ต่ออนุกรมกันมีค่าเท่าไร

$$\begin{aligned} \text{วิธีทำ} \quad R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 200 + 200 + 200 \Omega \end{aligned}$$

$$\text{ตอบ} \quad R_T = 600 \Omega$$

วงจรรขนาน ตัวต้านทาน เมื่อต่อขนานจะทำให้กระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา ไหลแยกไปสู่ตัวต้านทานแต่ละตัวที่ขนานกัน ผลรวมของกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจรรขนานรวมกัน จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมา ($I_1 + I_2 = I$) ค่าความต้านทานรวมของวงจรรขนานจะลดลงน้อยกว่าค่าของตัวต้านทานตัวที่มีค่าน้อยที่สุด ดังรูปที่ 2.5



V ในวงจรรขนานจะเท่ากัน กระแสในวงจรรขนานจะเท่ากับกระแสทุกตัวรวมกัน

คือ $I = I_1 + I_2$ เมื่อแทนค่ากระแสด้วยกฎของโอห์ม จะได้ว่า

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

แต่ V ทุกตัวเท่ากัน ดังนั้น

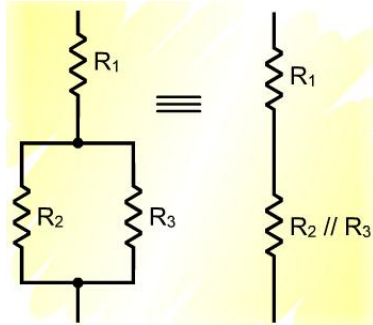
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \quad \text{หรือ} \quad R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

ตัวอย่างที่ 2-4 ค่าความต้านทาน 2 ตัว ตัวละ 200Ω ขนานกัน จะมีค่าความต้านทานรวมเท่าไร

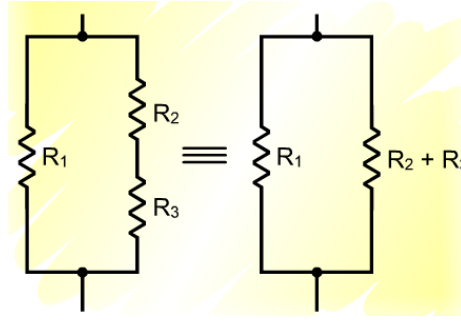
$$\text{วิธีทำ} \quad R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad R_T = \frac{200 \times 200}{400}$$

$$\text{ตอบ} \quad R_T = 100 \Omega$$

วงจรผสม คือ การต่อตัวต้านทานผสมกันในวงจร ระหว่างอนุกรมและขนาน ตัวอย่างดังรูปที่ 2-6 จะเห็นว่าผลรวมของตัวต้านทาน R_2 และ R_3 ที่ขนานกัน คือ $R_2 \parallel R_3$ และเมื่อแปลงแล้วความต้านทานรวมของทั้งวงจร คือ $R_T = R_1 + R_2 \parallel R_3$



รูปที่ 2-6



รูปที่ 2-7

ตัวอย่างที่ 2-5 จากวงจรผสมในรูปที่ 2-7 ถ้า $R_1 = 400 \Omega$

R_2 และ $R_3 = 300 \Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร

วิธีทำ R_2 และ R_3 อนุกรมกัน ดังนั้น

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

แต่ $R_2 + R_3$ ขนานกับ R_1

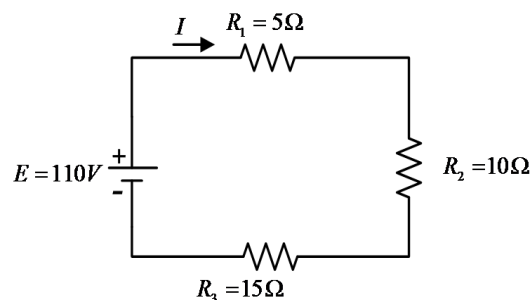
$$\text{ดังนั้น } R_T = R_1 \parallel R_2 + R_3$$

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

ตอบ $R_T = 240 \Omega$

ตัวอย่างที่ 2.6 จากวงจรไฟฟ้าจงหาค่าของ

- ความต้านทานรวมในวงจร
- กระแสไฟฟ้าในวงจร
- แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัว
- กำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน



รูปที่ 2.5

จ. กำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร

วิธีทำ

ก. R_T

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

$$R_T = 30 \Omega$$

ข. I

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

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

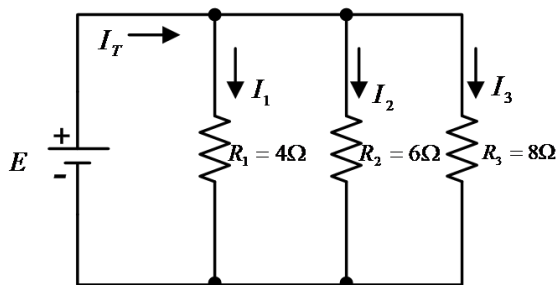
$$P_1 = V_1 I = 18.35 \times 3.67 = 67.34 W$$

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

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

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

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



ตัวอย่างที่ 2.7 จงคำนวณหาค่าต่อไปนี้

กำหนดให้แรงดันที่แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24 โวลต์

- ความต้านทานรวมในวงจร
- กระแสไฟฟ้าในวงจร
- แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทาน
- กำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน
- กำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร

วิธีทำก. 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
$$P_1 = I_1^2 R_1 = (6)^2 \times 4 = 144 W$$

รหัสวิชา 2104-2102

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

$$\text{- ค่า } P_2 = E \times I_2 = 24 \times 4 = 96 \text{ W}$$

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

$$P_3 = E \times I_3 = 24 \times 3 = 72 \text{ W}$$

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

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

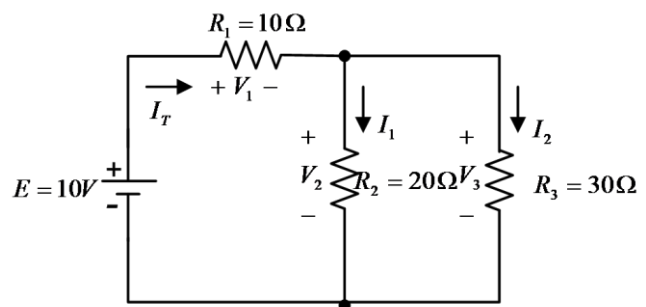
- กำลังไฟฟ้ารวม P_T

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 312 \text{ W} \quad \text{หรือ}$$

$$\text{ตอบ } P_T = EI_T = 24 \times 13 = 312 \text{ W}$$

ตัวอย่างที่ 2.8 จากวงจรแบบผสมต่อไปนี้ จงหาค่าของ

- ก. ความต้านทานรวมของวงจร
- ข. กระแสรวม I_T
- ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน
- ง. กระแส I_1, I_2
- จ. กำลังไฟฟ้าที่ R_1 และ $(R_2 // R_3)$

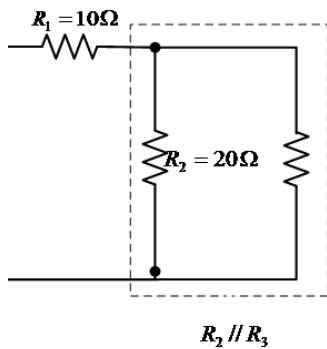


ELWE (THAI LAND)

NAPAT WATJANATEPIN

หน้า 9

ฉ. กำลังไฟฟ้ารวมของวงจร



วิธีทำ

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

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

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

จ. หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน R_1 และ $R_2 // R_3$

- ค่ากำลังไฟฟ้าที่ R_1

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

- ค่ากำลังไฟฟ้าที่ $R_2 // R_3$

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

ฉ. หาค่ากำลังไฟฟ้ารวมของวงจร

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

2-3 สรุป

สมการของวงจรอนุกรม

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

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

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

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

สมการของวงจรขนาน

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = \dots V_n$$

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

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

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

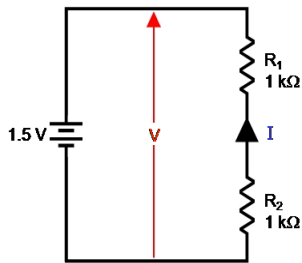
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$



แบบฝึกหัด เรื่อง วงจรตัวต้านทาน

จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

จากวงจรไฟฟ้าต่อไปนี้ใช้ตอบคำถาม ข้อ 1 - 2



รูปที่ 1

1. วงจรไฟฟ้าในรูปนี้ คือข้อใด

- ก. วงจรขนาน
- ข. วงจรอนุกรม
- ค. วงจรผสม
- ง. วงจรอนุกรม-ขนาน

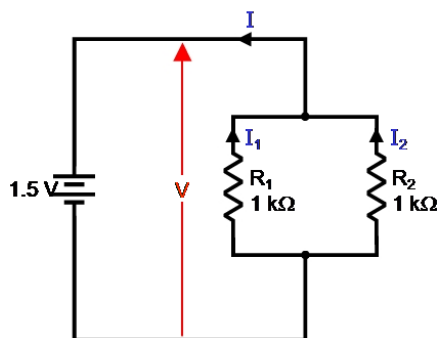
2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านค่า R_1 มีค่าเท่ากับข้อใด

- ก. 0.25 A
- ข. 0.5 A
- ค. 0.75 mA
- ง. 50 mA

3. ตัวต้านทาน ค่า $1.5 \text{ k}\Omega$ 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

จากวงจรไฟฟ้าต่อไปนี้ ใช้ตอบคำถาม ข้อ 4-8



รูปที่ 2

4. ค.ต.ท. รวมของวงจรนี้มีค่าเท่าไร

- ก. 250Ω
- ข. $0.75 \text{ k}\Omega$
- ค. 500Ω
- ง. $2 \text{ k}\Omega$

รหัสวิชา 2104 – 2102

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

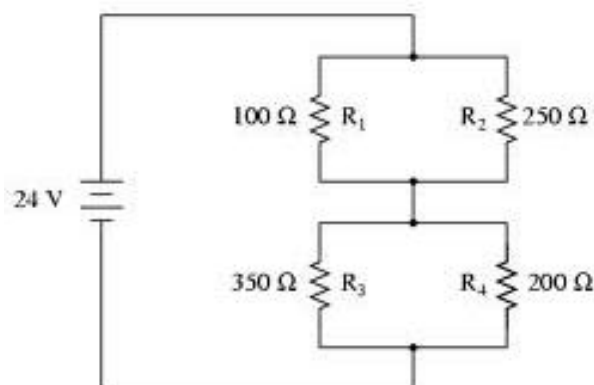
7. กำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจ่ายออกมาทั้งหมดมีค่าเท่าไร

- 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

รหัสวิชา 2104 – 2102

10. ความต้านทาน R_3 และ R_4 ขนานกัน มีค่าเท่ากับข้อใด

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

11. ความต้านทานรวมของวงจรนี้มีค่าเท่าไร

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

12. กระแสไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้า 24V จ่ายออกมาทั้งหมดเท่ากับข้อใด

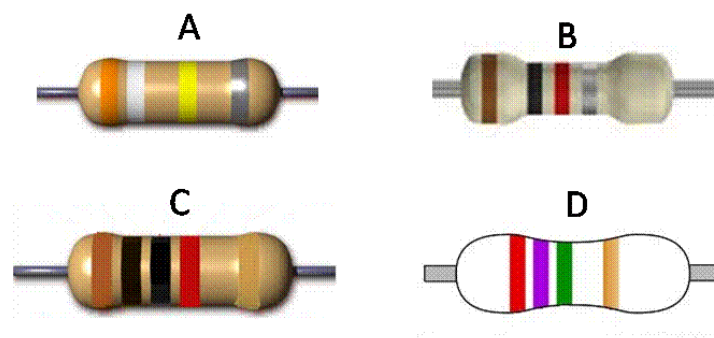
ก. 90 mA

ข. 100 mA

ค. 110 mA

ง. 120 mA

จากรูปต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 13 – 16



รูปที่ 4

13. ตัวต้านทาน A มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $390 \Omega \pm 10\%$ ข. $390 \text{ k}\Omega \pm 10\%$ ค. $39 \text{ k}\Omega \pm 10 \Omega$ ง. $1 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

14. ตัวต้านทาน B มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $1000 \Omega \pm 10\%$ ข. $10 \text{ k}\Omega \pm 10\%$ ค. $1000 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ ง. $1 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

รหัสวิชา 2104-2102

15. ตัวต้านทาน C มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $10 \text{ k}\Omega \pm 10\%$ ข. $10,000 \Omega \pm 5\%$ ค. $100 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ ง. $1,000 \text{ k}\Omega \pm 5\%$

16. ตัวต้านทาน D มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $27 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ ข. $270 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ ค. $2,700 \text{ k}\Omega \pm 5\%$ ง. $2,700 \Omega \pm 5\%$ 