

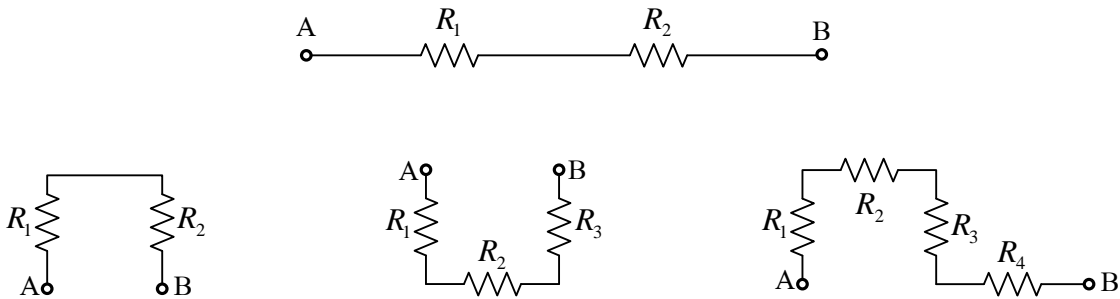
## ใบความรู้ที่ 1 การต่อตัวต้านทานและวงจรไฟฟ้า

### จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม ขนานและผสมได้
2. อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม-ขนานได้
3. อธิบายคุณสมบัติของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน-อนุกรมได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมได้
5. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบขนานได้
6. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม-ขนานได้
7. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน-อนุกรมได้

### เนื้อหาสาระ

1. การต่อตัวต้านทานอนุกรม คือการนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป มาต่อกันในลักษณะเรียงอันดับกัน โดยนำปลายของตัวต้านทานตัวแรกเชื่อมต่อกับปลายของตัวต้านทานที่สองและเชื่อมกับปลายของความต้านทานตัวที่สามและเชื่อม ต่อ ๆ ไปเรื่อย ๆ จนถึงตัวสุดท้าย ลักษณะการต่อแบบอนุกรมดังรูป



รูปที่ 1 แสดงการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

การหาค่าความต้านทานรวมสามารถทำได้โดยนำค่าความต้านทานแต่ละตัวมารวมกัน จะทำให้ค่าความต้านทานรวมเพิ่มขึ้น จากรูป สามารถหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A และจุด B ได้ดังนี้

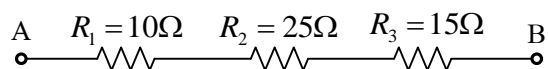
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad \text{สมการที่ 1}$$

เมื่อ  $R_T$  คือค่าความต้านทานรวมหรือความต้านทานทั้งหมด

$R_1, R_2, R_3$  คือ ค่าความต้านทานย่อย

$R_n$  คือ ค่าความต้านทานย่อยตัวที่ n

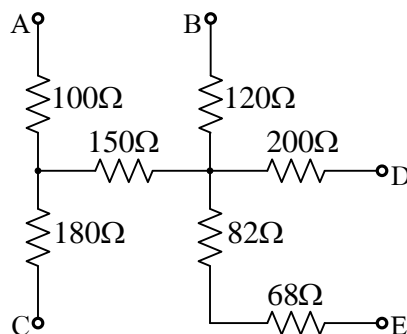
ตัวอย่างที่ 1 จงหาค่าความต้านทานรวมจากการนำเอาความต้านทานมาต่อเรียงกันในแบบอนุกรม ดังรูป



วิธีทำ จากสมการที่ 1 จะได้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$
$$= 10\Omega + 25\Omega + 15\Omega$$
$$R_T = 50\Omega$$

ตัวอย่างที่ 2 จากรูปที่กำหนดให้ จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A-B, B-C, C-D, และ DE



รูปที่ 2 วงจรความต้านทาน

วิธีทำ ค่าความต้านทานรวมที่จุด A ไปจุด B เห็นได้ว่ามีตัวต้านทานจำนวน 3 ตัวต่ออนุกรมกัน คือ  $100\Omega$ ,  $150\Omega$  และ  $120\Omega$

$$\text{ดังนั้น } R_{A-B} = 100\Omega + 150\Omega + 120\Omega = 370\Omega$$

ค่าความต้านทานรวมที่จุด B ไปจุด C เห็นได้ว่ามีตัวต้านทานจำนวน 3 ตัวต่ออนุกรมกัน คือ  $120\Omega$ ,  $150\Omega$  และ  $180\Omega$

$$\text{ดังนั้น } R_{B-C} = 120\Omega + 150\Omega + 180\Omega = 450\Omega$$

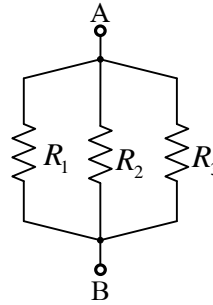
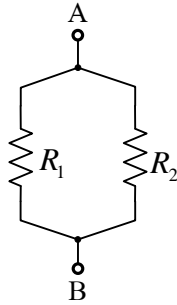
ค่าความต้านทานรวมที่จุด C ไปจุด D เห็นได้ว่ามีตัวต้านทานจำนวน 3 ตัวต่ออนุกรมกัน คือ  $180\Omega$ ,  $150\Omega$  และ  $200\Omega$

$$\text{ดังนั้น } R_{C-D} = 180\Omega + 150\Omega + 200\Omega = 530\Omega$$

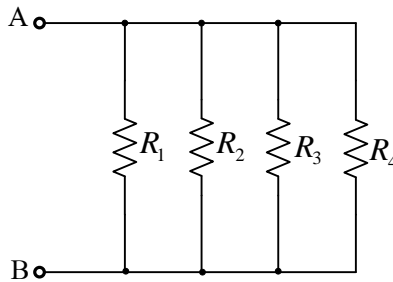
ค่าความต้านทานรวมที่จุด D ไปจุด E เห็นได้ว่ามีตัวต้านทานจำนวน 3 ตัวต่ออนุกรมกัน คือ  $200\Omega$ ,  $82\Omega$  และ  $68\Omega$

$$\text{ดังนั้น } R_{D-E} = 200\Omega + 82\Omega + 68\Omega = 350\Omega$$

2. การต่อความต้านทานแบบขนาน คือการนำเอาความต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อรวมกันระหว่าง 2 จุด โดยจะทำให้มีเส้นทางเดินของกระแสไฟฟ้าหลายเส้นทาง ดังวงจรรูป ซึ่งลักษณะการต่อความต้านทานแบบนี้ค่าความต้านทานรวมจะลดลง



(ก) ตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน (ข) ตัวต้านทาน 3 ตัวต่อขนานกัน



(ค) ตัวต้านทาน 4 ตัวต่อขนานกัน

รูปที่ 3 วงจรขนาน

การหาค่าความต้านทานรวมการต่อตัวต้านทานแบบขนานแสดงในรูป ได้ดังนี้

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n} \quad \text{สมการที่...2}$$

ดังนั้น

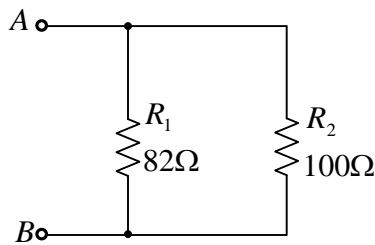
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad \text{สมการที่...3}$$

เมื่อ  $R_T$  คือค่าความต้านทานรวมหรือความต้านทานทั้งหมด

$R_1, R_2, R_3$  คือ ค่าความต้านทานย่อย

$R_n$  คือ ค่าความต้านทานย่อยตัวที่ n

ตัวอย่างที่ 3 จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A กับจุด B



รูปที่ 4 วงจรขนานตัวต้านทาน 2 ตัว

วิธีทำ จากสมการที่ 2 หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

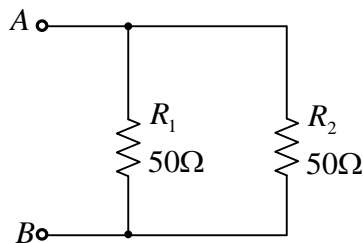
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2}$$

ดังนั้น 
$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(82\Omega)(100\Omega)}{82\Omega + 100\Omega} = 45.055\Omega$$

**ข้อสังเกต** จะพิจารณาเห็นว่าถ้าความต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกันมีค่าไม่เท่ากัน เมื่อคำนวณค่าความต้านทานรวมจะมีค่าเท่ากับความต้านทานสองตัวคูณกันแล้วหารด้วยผลรวมความต้านทานทั้งสอง ดังนั้นสมการหาความต้านทานรวม สำหรับตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกันมีดังนี้

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{สมการที่...4}$$

ตัวอย่างที่ 4 จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) ระหว่างจุด A กับจุด B



รูปที่ 5 วงจรตัวต้านทานขนาน

วิธีทำ จากสมการที่ 2-5 หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

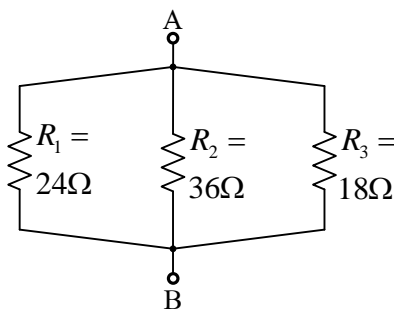
$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(50\Omega)(50\Omega)}{50\Omega + 50\Omega} = 25\Omega$$

หรือ 
$$R_T = \frac{R_1}{2} = \frac{R_2}{2} = \frac{50\Omega}{2} = 25\Omega$$

ดังนั้นถ้าความต้านทานทั้งหมดจำนวน  $n$  ตัวต่อขนานกันและแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน เมื่อคำนวณค่าความต้านทานรวม ให้ใช้ค่าของความต้านทานตัวใดตัวหนึ่งเป็นตัวตั้งแล้วหารด้วยจำนวนของความต้านทานคือ  $n$  นั้น

$$\text{คือ } R_T = \frac{R_1}{n} = \frac{R_2}{n} = \dots = \frac{R_n}{n}$$

**ตัวอย่างที่ 5** จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม ( $R_T$ ) ระหว่างจุด A กับจุด B



รูปที่ 6 แสดงการต่อตัวต้านทาน 3 ตัวมีค่าต่างกันต่อแบบขนาน

**วิธีทำ** จากสมการที่ 4 หาค่าความนำไฟฟ้าแต่ละตัวและความนำไฟฟ้ารวมได้ดังนี้

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

$$G_1 = \frac{1}{R_1} = \frac{1}{24\Omega} = 0.041667 \text{ S}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{1}{36\Omega} = 0.027778 \text{ S}$$

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{1}{18\Omega} = 0.055556 \text{ S}$$

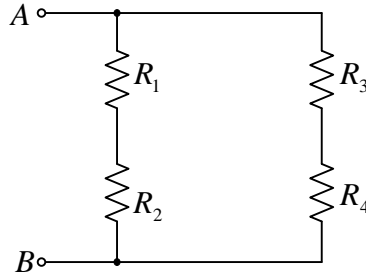
$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 = 0.041667 + 0.027778 + 0.055556 = 0.125 \text{ S}$$

ดังนั้น ค่าความต้านทานรวมหาได้จาก

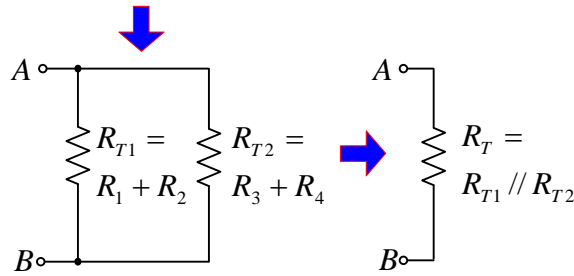
$$R_T = \frac{1}{G_T} = \frac{1}{0.125\text{S}} = 8 \Omega$$

### 2.4 การต่อความต้านทานแบบผสม

การต่อความต้านทานแบบผสม หมายถึงการนำเอาตัวต้านทานต่อแบบอนุกรมและตัวต้านทานต่อแบบขนานร่วมกันหรือผสมกันอยู่ ซึ่งอาจจะพิจารณาได้ดังรูปที่ 2.10 (ก)



(ก) การต่อตัวต้านทานแบบผสม



(ข) การยุบตัวต้านทานในส่วนที่อนุกรมกัน

(ค) ค่าความต้านทานรวม

รูปที่ 7 แสดงการหาค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบผสม

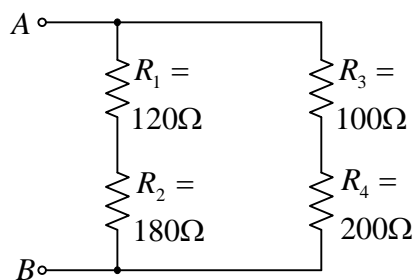
จากรูป (ก) แสดงการต่อวงจรผสม สังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานตัวที่ 1 และตัวที่ 2 ต่อแบบอนุกรม กำหนดเป็นค่าความต้านทานรวมที่ 1 ( $R_{T1}$ ) มีค่าเท่ากับค่าความต้านทานตัวที่ 1 บวกกับตัวต้านทานตัวที่ 2 ( $R_{T1} = R_1 + R_2$ ) และค่าความต้านทานตัวที่ 3 และตัวที่ 4 ต่อแบบอนุกรมกำหนดค่าความต้านทานรวมที่ 2 ( $R_{T2}$ ) มีค่าเท่ากับตัวต้านทานตัวที่ 3 บวกกับตัวต้านทานตัวที่ 4 ( $R_{T2} = R_3 + R_4$ ) ดังรูปที่ 2.10 (ข) เมื่อหาค่าความต้านทานรวมย่อยทั้ง 2 ชุดแล้ว จะนำมาต่อขนานกันอีกที จะได้ค่าความความต้านทานรวมทั้งหมดดังนี้

$$R_{T1} = R_1 + R_2$$

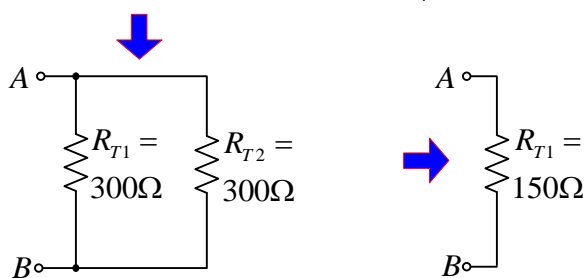
$$R_{T2} = R_3 + R_4$$

$$R_T = R_{T1} // R_{T2}$$

ตัวอย่างที่ 6 จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม



(ก) ตัวต้านทานที่ต่อแบบอนุกรม-ขนาน



(ข) ยุบรวมตัวต้านทานที่อนุกรมกัน 2 ชุด (ค) ความต้านทานรวม

รูปที่ 8 แสดงการหาค่าความต้านทานรวมของตัวอย่างที่ 6

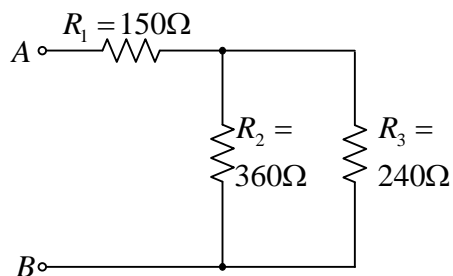
วิธีทำ หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

$$R_{T1} = R_1 + R_2 = 120\Omega + 180\Omega = 300\Omega$$

$$R_{T1} = R_3 + R_4 = 100\Omega + 200\Omega = 300\Omega$$

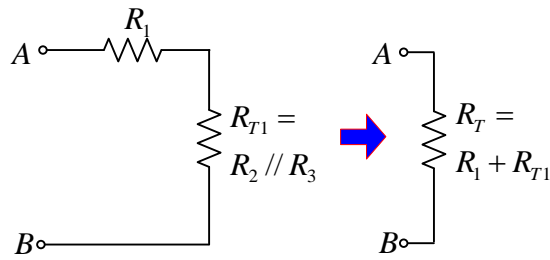
$$R_T = R_{T1} // R_{T2} = \frac{R_{T1}}{2} = \frac{300\Omega}{2} = 150\Omega$$

ตัวอย่างที่ 7 จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม



รูปที่ 9 แสดงการหาค่าความต้านทานรวมของตัวอย่างที่ 7

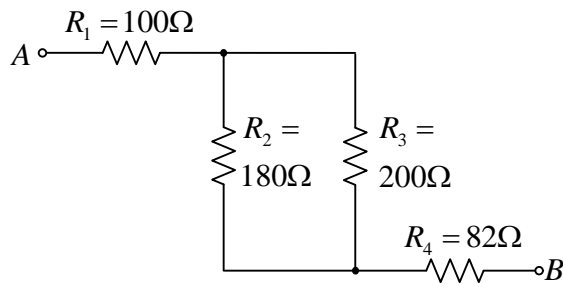
วิธีทำ หาค่าความต้านทานรวมชุดที่ 1 ของ  $R_2 // R_3$  ก่อนแล้วหาค่าความต้านทานรวมทีหลัง ดังนี้



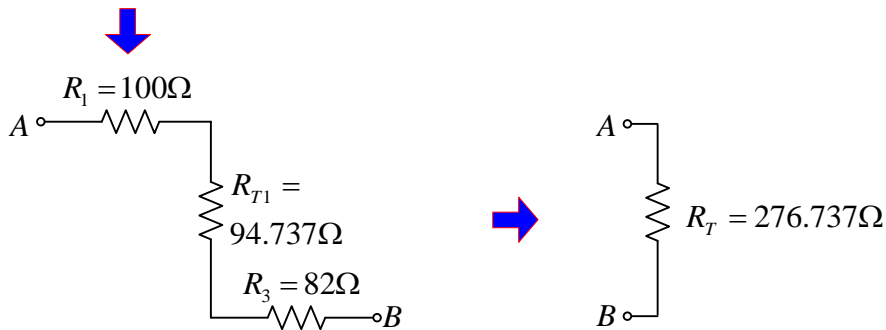
$$R_{T1} = R_2 // R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(360\Omega)(240\Omega)}{360\Omega + 240\Omega} = 144\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{T1} = 150\Omega + 144\Omega = 294\Omega$$

ตัวอย่างที่ 8 จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม



(ก) ตัวต้านทานที่ต่อแบบขนาน-อนุกรม



(ข) ยุบรวมส่วนที่ตัวต้านทานต่อขนานกันก่อน

(ค) ความต้านทานรวม

รูปที่ 10 การหาค่าความต้านทานรวมของตัวอย่างที่ 8

วิธีทำ

$$R_{T1} = R_2 // R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(180\Omega)(200\Omega)}{180\Omega + 200\Omega} = 94.737\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{T1} + R_4 = 100\Omega + 94.737\Omega + 82 = 276.737\Omega$$