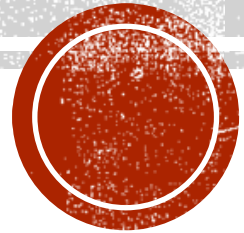
บทที่ 2

การอ่านค่าตัวต้านทาน และการต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน



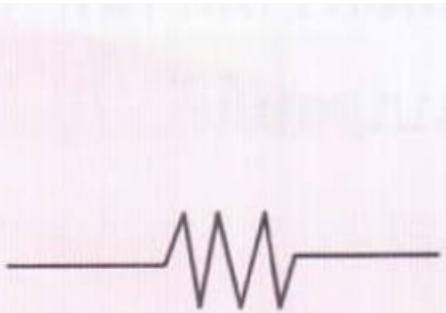
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (BEHAVIORAL OBJECTIVES)

หลังจากศึกษาจบบทเรียนนี้แล้ว นักศึกษาจะมีความสามารถดังนี้

1. อ่านค่าตัวต้านทาน ชนิดรหัส 4 แถบสีได้
2. อ่านค่าตัวต้านทาน ชนิดรหัส 5 แถบสีได้
3. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม ในกรณีที่วงจรปราศจากกระแสไฟฟ้าได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานรวมในแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม ในกรณีที่วงจรปราศจากกระแสไฟฟ้าได้
5. อธิบายหลักการทำงานวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนานและแบบผสม ในกรณีที่วงจรมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้
6. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้

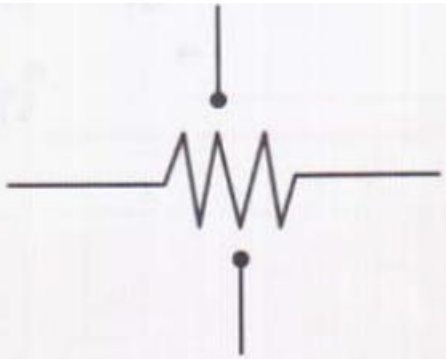
การอ่านค่าตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) เรียกสั้นๆ ว่า อาร์ (R) ทำหน้าที่ต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าที่อยู่ในวงจรไฟฟ้า ซึ่งตัวต้านทานจะเป็นส่วนกลับหรือแปรผกผันกับค่าของกระแสไฟฟ้า ในวงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์จำเป็นต้องมีตัวต้านทานต่อร่วมเสมอ ทำให้วงจรดังกล่าวทำงานได้อย่างเหมาะสม ถูกต้อง และปลอดภัย ดังนั้น ถ้าตัวต้านทานเกิดขาดวงจร จะทำให้ค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรเปลี่ยนแปลง ส่งผลให้โหลด (Load) หรือภาระทางไฟฟ้าไม่สามารถที่จะทำงานได้ เช่น เครื่องขยายเสียงเกิดพังหรือชำรุด จะทำให้ไม่มีเสียงออกทางลำโพง เป็นต้น



(ก) ชนิดคงที่

(ข) ชนิดปรับค่าได้

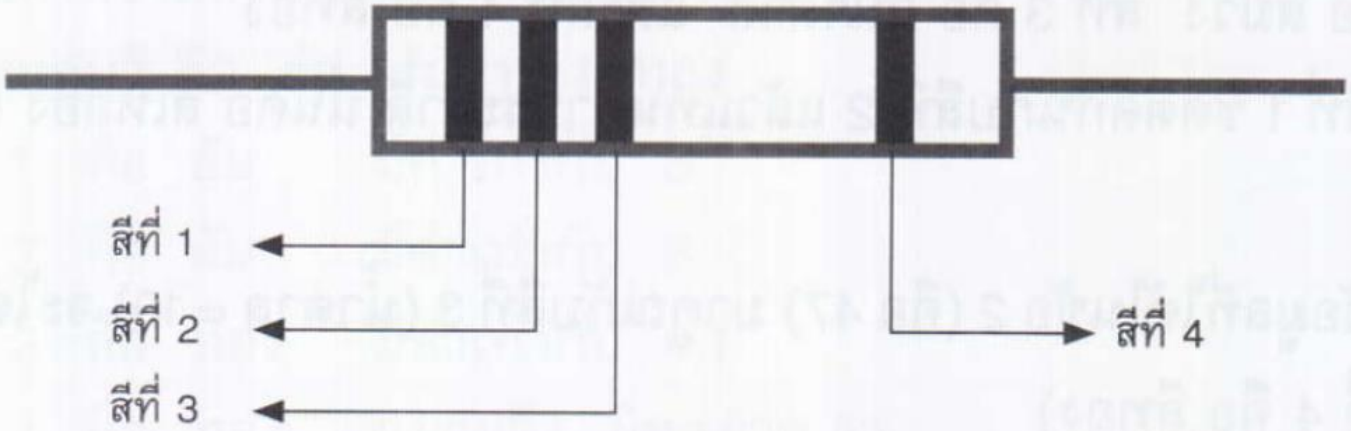


(ค) ชนิดเลือกค่าได้

การอ่านค่าความต้านทานจากตัวต้านทานชนิดคงที่ เมื่อพิจารณารหัสแถบสี มี 2 แบบ คือ การอ่านค่าตัวต้านทานชนิดรหัส 4 แถบสี และการอ่านค่าตัวต้านทานชนิด 5 แถบสี

1. การอ่านค่าตัวต้านทานชนิดรหัส 4 แถบสี

รหัสแถบสีของตัวต้านทาน มีทั้งหมด 12 สี ได้แก่ สีดำ สีน้ำตาล สีแดง สีส้ม สีเหลือง สีเขียว สีน้ำเงิน สีม่วง สีเทา สีขาว สีทอง และสีเงิน



รูปที่ 2.2 แถบสี 4 สี บนตัวต้านทาน

ตารางที่ 2.1 รหัสแถบสี 4 สี ของตัวต้านทาน

สี	ตัวตั้งที่ 1	ตัวตั้งที่ 2	ตัวคูณ	ค่าความผิดพลาด
ดำ	0	0	$10^0 = 1$	-
น้ำตาล	1	1	$10^1 = 10$	-
แดง	2	2	$10^2 = 100$	-
ส้ม	3	3	$10^3 = 1,000$	-
เหลือง	4	4	$10^4 = 10,000$	-
เขียว	5	5	$10^5 = 100,000$	-
น้ำเงิน	6	6	$10^6 = 1,000,000$	-
ม่วง	7	7	-	-
เทา	8	8	-	-
ขาว	9	9	-	-
ทอง	-	-	$10^{-1} = 0.1$	± 5%
เงิน	-	-	$10^{-2} = 0.01$	± 10%

การอ่านค่าความต้านทานชนิด 4 แถบสี มีขั้นตอนดังนี้

1. สมมติให้รหัสแถบสีของตัวต้านทานคือ เหลือง ม่วง น้ำตาล ทอง โดยสีที่ 1 คือสีเหลือง สีที่ 2 คือ สีม่วง สีที่ 3 คือ สีน้ำตาล และสีที่ 4 คือ สีทอง
2. นำสีที่ 1 ชิดติดกันกับสีที่ 2 แล้วแทนค่าประจำสี นั่นคือ สีเหลือง คือ 4 สีม่วง คือ 7 ได้เท่ากับ 47
3. นำข้อมูลที่ได้ในข้อ 2 (คือ 47) มาคูณกับสีที่ 3 (น้ำตาล = 10) จะได้ $47 \times 10 = 470\,\Omega$ ผิดพลาด 5% (สีที่ 4 คือ สีทอง)

ตัวอย่างที่ 2.1 จงอ่านค่าความต้านทานจากรหัสแถบสี 4 สี จากตัวต้านทานต่อไปนี้

ก) แดง ดำ ดำ ทอง
ข) เขียว น้ำเงิน แดง ทอง
ค) เทา แดง น้ำตาล เงิน
ง) ส้ม ส้ม ทอง ทอง

ก) รหัสแถบสี คือ แดง ดำ ดำ ทอง

สีที่ 1 คือ
สีที่ 2 คือ
สีที่ 3 คือ
สีที่ 4 คือ

ข) รหัสแถบสี คือ เขียว น้ำเงิน แดง ทอง

สีที่ 1 คือ
สีที่ 2 คือ
สีที่ 3 คือ
สีที่ 4 คือ

ค) รหัสแถบสี คือ เทา แดง น้ำตาล เงิน

สีที่ 1 คือ

สีที่ 2 คือ

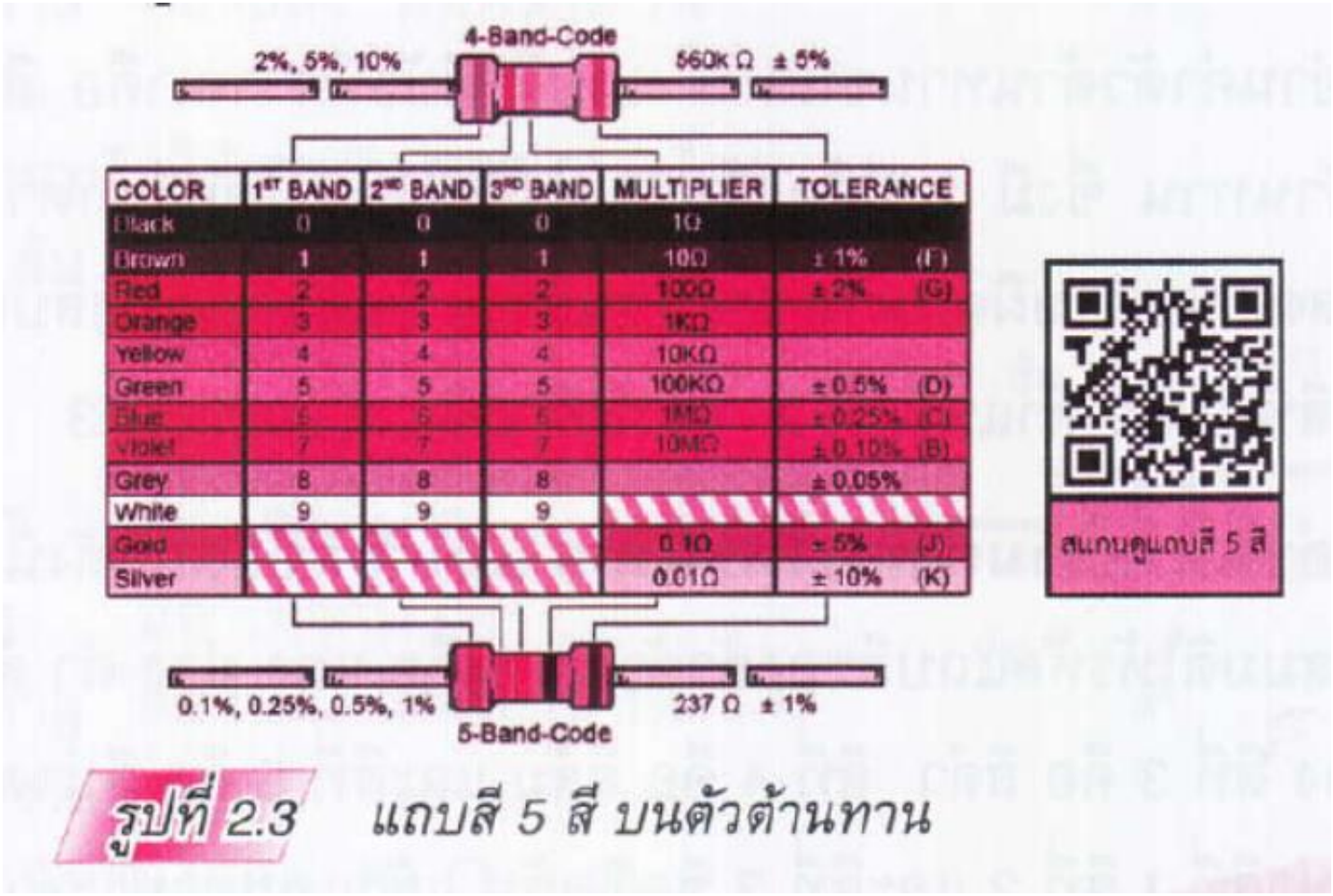
สีที่ 3 คือ

สีที่ 4 คือ

ง) รหัสแถบสี คือ ส้ม ส้ม ทอง ทอง

สีที่ 1 คือ
สีที่ 2 คือ
สีที่ 3 คือ
สีที่ 4 คือ

2. การอ่านค่าตัวต้านทานชนิดรหัส 5 แถบสี



COLOR	1ST BAND	2ND BAND	3RD BAND	MULTIPLIER	TOLERANCE
Black	0	0	0	1Ω	
Brown	1	1	1	10Ω	± 1% (F)
Red	2	2	2	100Ω	± 2% (G)
Orange	3	3	3	1KΩ	
Yellow	4	4	4	10KΩ	
Green	5	5	5	100KΩ	± 0.5% (D)
Blue	6	6	6	1MΩ	± 0.25% (C)
Violet	7	7	7	10MΩ	± 0.10% (B)
Grey	8	8	8		± 0.05%
White	9	9	9		
Gold				0.1Ω	± 5% (J)
Silver				0.01Ω	± 10% (K)

รูปที่ 2.3 แถบสี 5 สี บนตัวต้านทาน

ตารางที่ 2.2 รหัสแถบสี 5 สี ของตัวต้านทาน

รหัสสี (Color Code)	แถบสีที่ 1 ตำแหน่ง 1	แถบสีที่ 2 ตำแหน่ง 2	แถบสีที่ 3 ตำแหน่ง 3	แถบสีที่ 4 ตัวคูณ	แถบสีที่ 5 ค่าความผิดพลาด
ดำ	0	0	0	1	20% (M)
น้ำตาล	1	1	1	10	1%(F)
แดง	2	2	2	100	2%(G)
ส้ม	3	3	3	1,000	-
เหลือง	4	4	4	10,000	-
เขียว	5	5	5	100,000	0.5%(D)
น้ำเงิน	6	6	6	1,000,000	0.25%(C)
ม่วง	7	7	7	-	0.1%(B)
เทา	8	8	8	-	0.05%(A)
ขาว	9	9	9	-	-
ทอง	-	-	-	0.1	5%(J)
เงิน	-	-	-	0.01	10%(K)

การอ่านค่าความต้านทานชนิด 5 แถบสี มีขั้นตอนดังนี้

1. สมมติให้รหัสแถบสีของตัวต้านทานคือ แดง ม่วง ดำ ส้ม น้ำตาล ซึ่งสีที่ 1 คือ สีแดง สีที่ 2 คือ สีม่วง สีที่ 3 คือ สีดำ สีที่ 4 คือ สีส้ม และสีที่ 5 คือ สีน้ำตาล

2. นำสีที่ 1 สีที่ 2 และสีที่ 3 ชิดติดกัน แล้วแทนค่าประจำสี นั่นคือ สีที่ 1 คือ สีแดง (2) สีที่ 2 คือ สีม่วง (7) และสีที่ 3 คือ สีดำ (0) ได้เท่ากับ 270

3. นำข้อมูลที่ได้ในข้อ 2 (คือ 270) มาคูณกับสีที่ 4 (สีส้ม = 1,000) จะได้เท่ากับ $270 \times 1{,}000 = 270{,}000\ \Omega = 270\ k\Omega$ ผิดพลาด 1% (สีที่ 5 คือ สีน้ำตาล)

ตัวอย่างที่ 2.2 จงอ่านค่าความต้านทาน จากรหัสแถบสี 5 แถบสี โดยเรียงจากสีที่ 1 ไปจนถึงสีที่ 5 จากตัวต้านทานต่อไปนี้

ก) น้ำตาล ดำ ดำ เหลือง น้ำตาล
ข) ม่วง เขียว ดำ ดำ น้ำตาล
ค) ส้ม ส้ม ดำ ทอง น้ำตาล
ง) น้ำตาล ดำ ดำ เงิน น้ำตาล

ก) รหัสแถบสี คือ น้ำตาล ดำ ดำ เหลือง น้ำตาล

สีที่ 1
สีที่ 2
สีที่ 3
สีที่ 4
สีที่ 5

ข) รหัสแถบสี คือ ม่วง เขียว ดำ ดำ น้ำตาล

ค) รหัสแถบสีคือ ส้ม ส้ม ดำ ทอง น้ำตาล

ง) รหัสแถบสี คือ น้ำตาล ดำ ดำ เงิน น้ำตาล

การต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน

การต่อวงจรไฟฟ้าของตัวต้านทาน พิจารณา 2 ประเด็นหลัก คือ การต่อตัวต้านทานในกรณีที่ปราศจากกระแสไฟฟ้า ได้แก่ วงจรอนุกรม วงจรขนานและวงจรผสม และการนำตัวต้านทานไปต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้า ได้แก่ วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม วงจรไฟฟ้าแบบขนานและวงจรไฟฟ้าแบบผสม มีรายละเอียดดังนี้

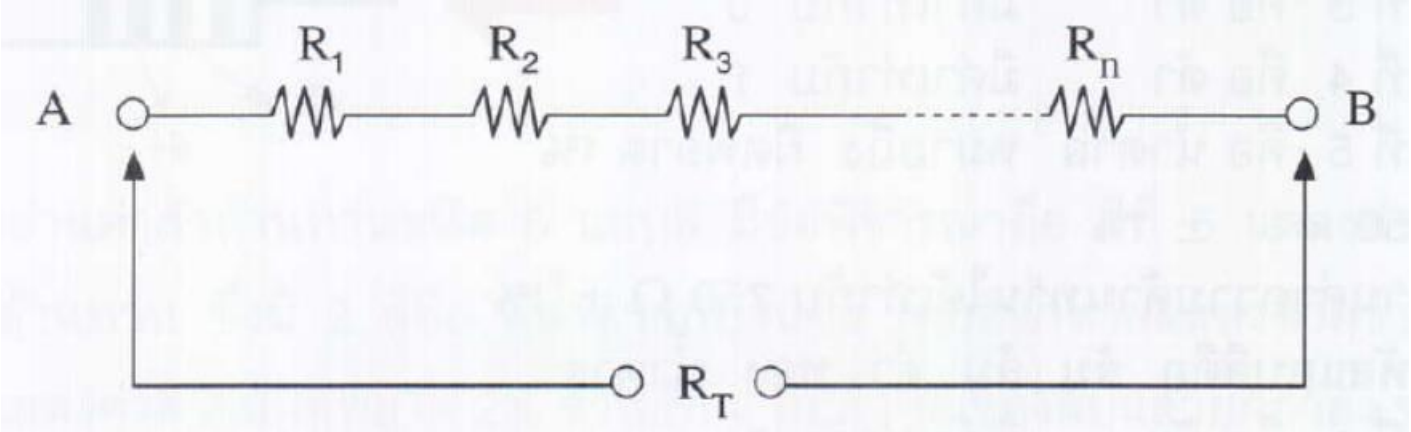
การต่อตัวต้านทาน

การต่อตัวต้านทาน หมายถึง การนำตัวต้านทานไฟฟ้ามาต่อเป็นวงจรในลักษณะต่างๆ ซึ่งแบ่งการต่อวงจรออกเป็น 3 แบบ คือ

1. การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม
2. การต่อตัวต้านทานแบบขนาน
3. การต่อตัวต้านทานแบบผสม

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม คือ การนำตัวต้านทานมาต่อเรียงกันในลักษณะหัวต่อปลาย แสดงดังรูปที่ 2.4

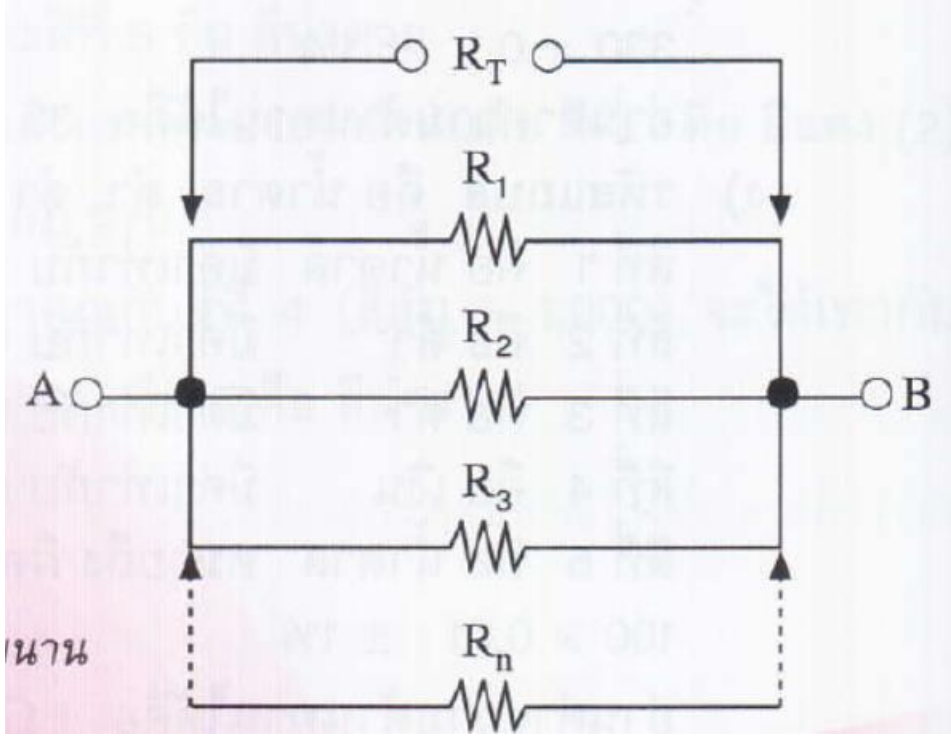


เมื่อ R_T คือ ค่าความต้านทานรวมของวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

R_1, R_2, R_3, R_n = ความต้านทานของตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 และตัวสุดท้ายตามลำดับ มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

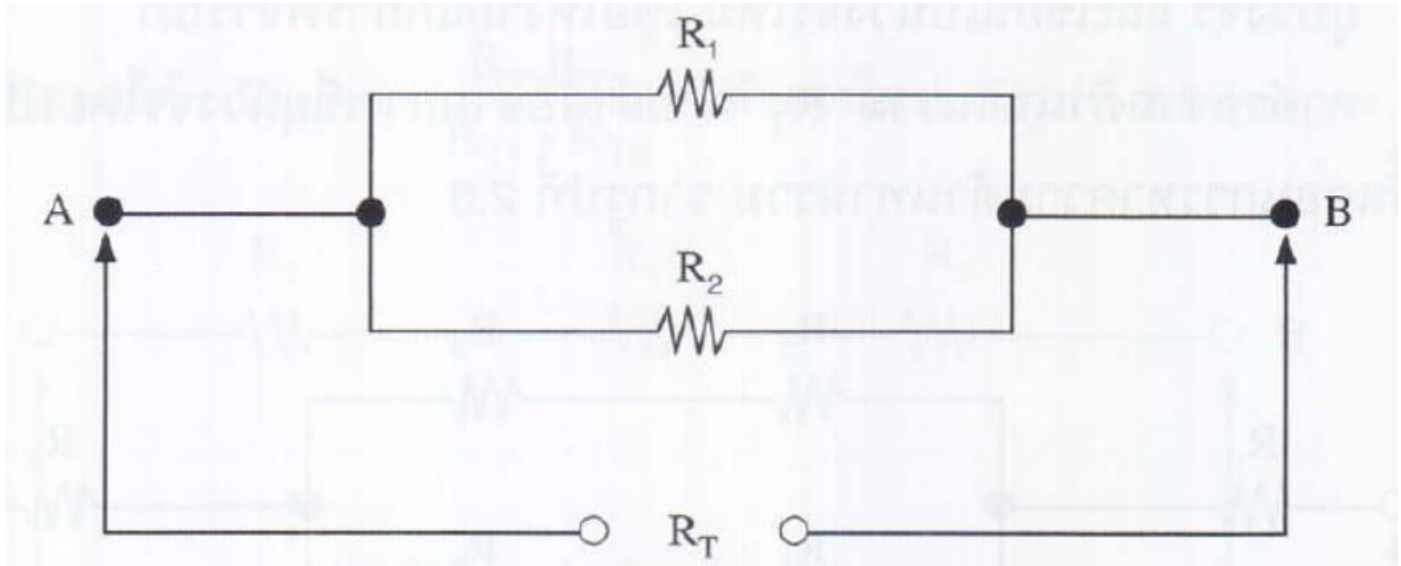
การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน คือ การนำตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัว มาต่อร่วมกัน ระหว่างจุดสองจุดในลักษณะการต่อแบบ หัวต่อหัว – ปลายต่อปลาย แสดงดังรูปที่ 2.5



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

ในกรณีที่ตัวต้านทาน 2 ตัว ต่อขนานกัน ดังรูปที่ 2.6 จะมีค่าเท่ากับผลคูณของตัวต้านทานหารด้วยผลบวกของตัวต้านทาน

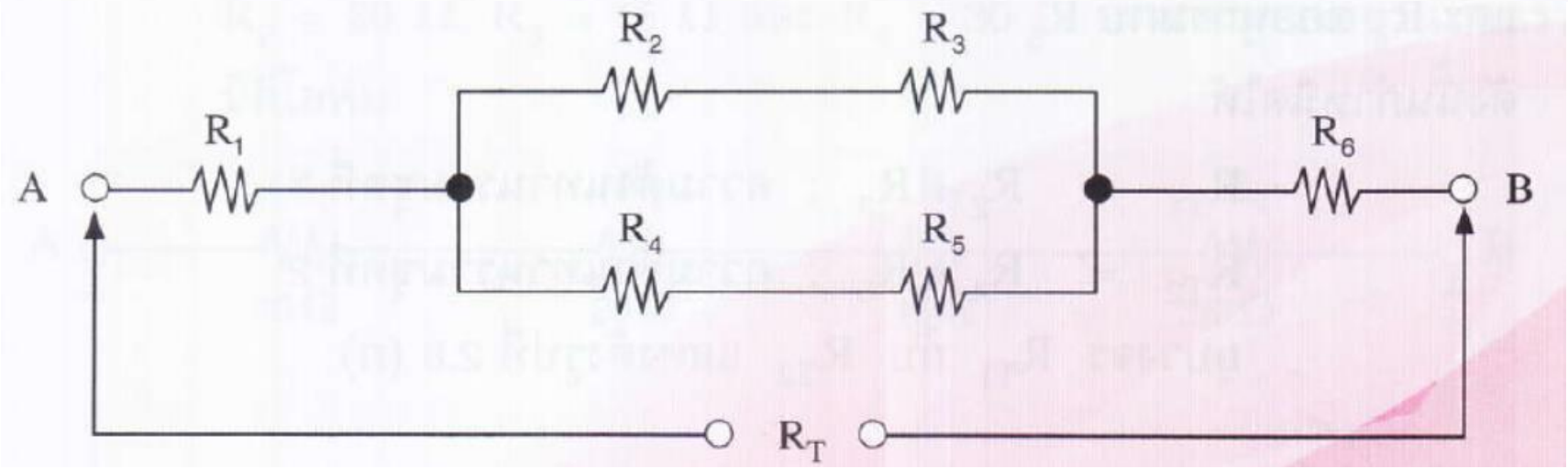


$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

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

การต่อตัวต้านทานแบบผสม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม คือ การนำวงจรตัวต้านทานแบบอนุกรม และแบบขนานมาต่อรวมกันให้เป็นวงจรเดียวกัน แสดงดังรูปที่ 2.7



ความต้านทานรวม

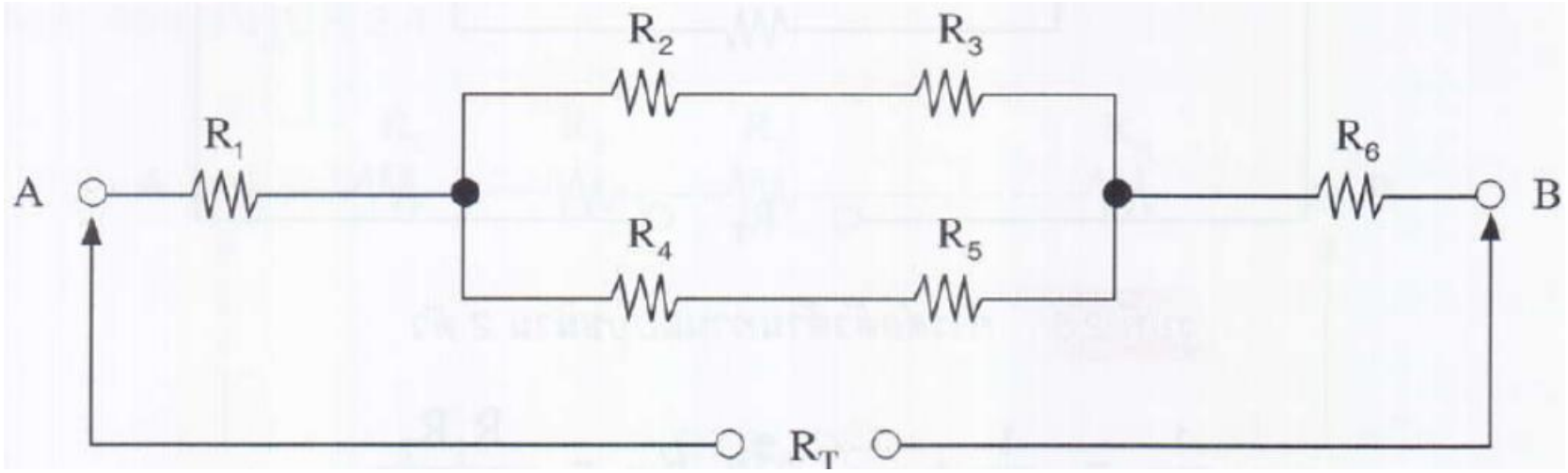
$$R_T = R_1 + R_6 + \left[\frac{(R_2 + R_3)(R_4 + R_5)}{(R_2 + R_3) + (R_4 + R_5)} \right]$$

ขั้นตอนการหาค่าความต้านทานรวมของตัวต้านทานแบบผสม มีดังนี้

1. พิจารณาวงจรที่ต้องการหาค่าความต้านทานว่าส่วนใดของวงจรต่อแบบอนุกรม หรือต่อแบบขนาน

2. ยุบวงจร และเขียนเป็นวงจรใหม่ เพื่อให้ง่ายแก่การพิจารณา

3. หาค่าความต้านทานรวม R_T ตามลำดับจากการเขียนวงจรใหม่เป็นขั้นตอนสุดท้าย ดังตัวอย่างขั้นตอนการหาความต้านทานรวม จากรูปที่ 2.8

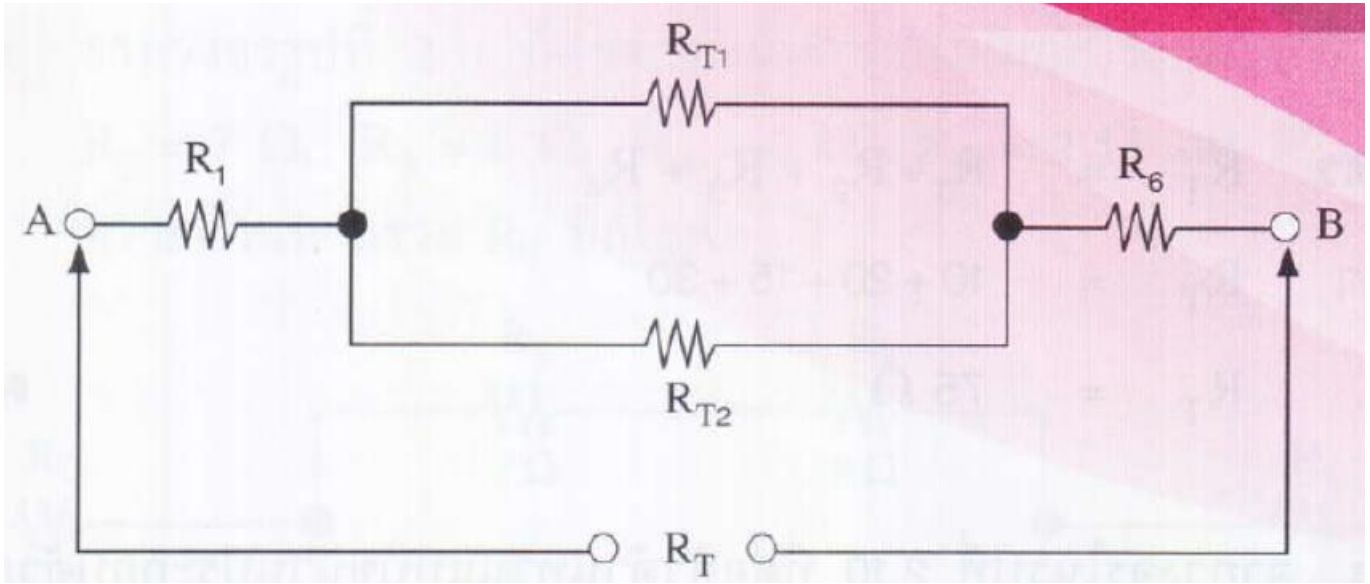


พิจารณา R_2 ต่ออนุกรมกับ R_3

$$R_{T1} = R_2 + R_3$$

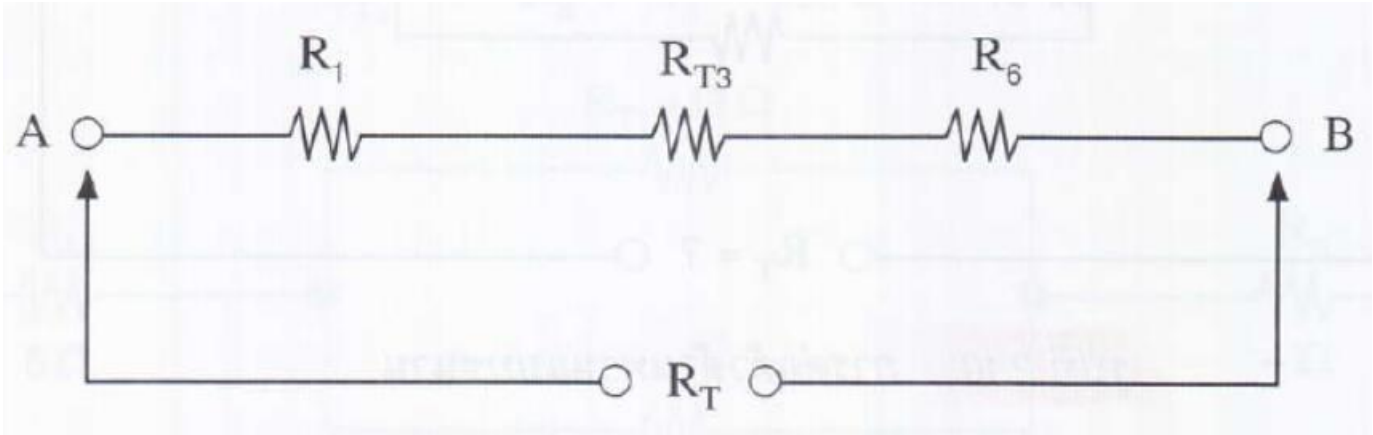
R_4 ต่ออนุกรมกับ R_5

$$R_{T2} = R_4 + R_5$$



จะเห็นว่า R_{T1} ต่อขนานกับ R_{T2}

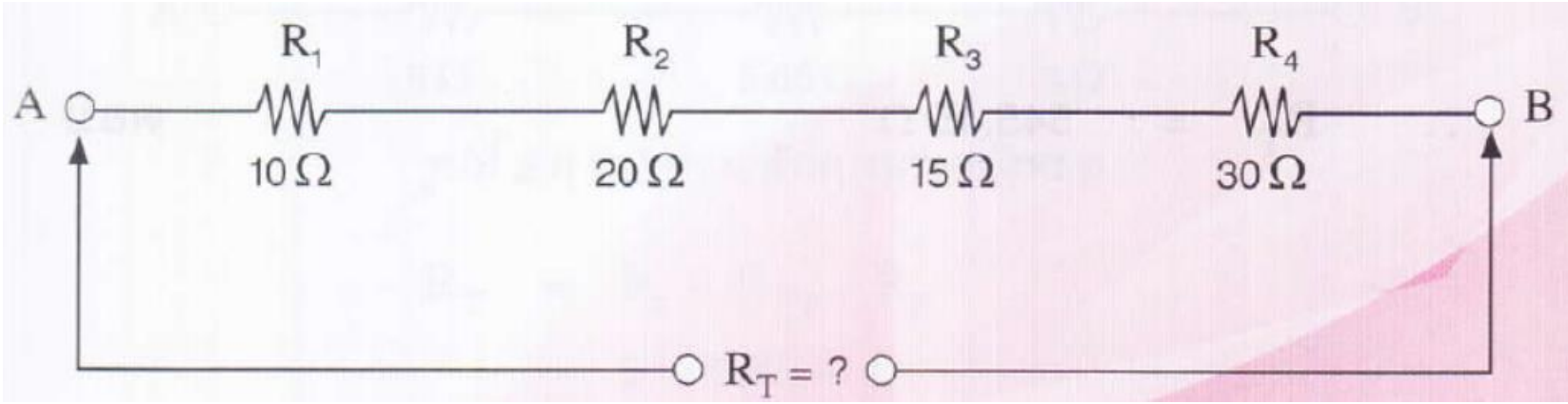
$$R_{T3} = \frac{R_{T1}R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}}$$



R_1 อนุกรมกับ R_6 และอนุกรมกับ R_{T3}

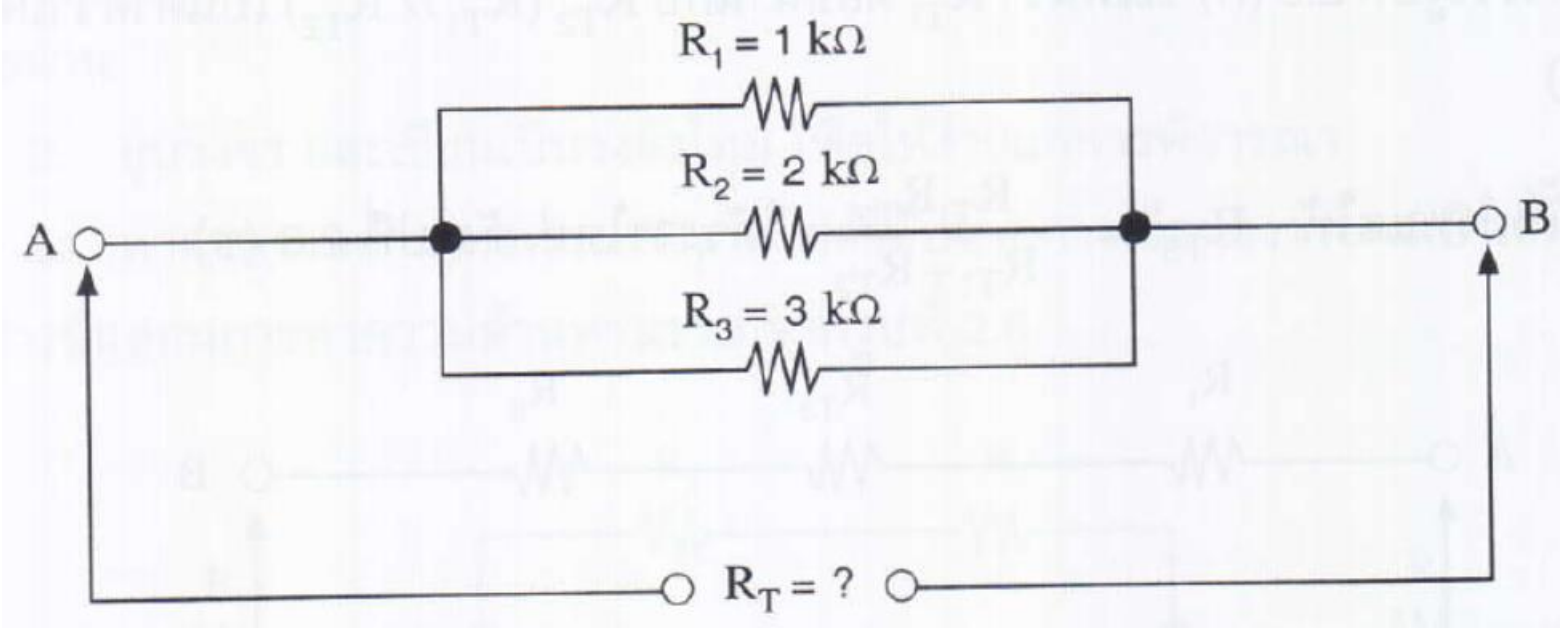
$$R_T = R_1 + R_6 + R_{T3}$$

ตัวอย่างที่ 2.3 จากวงจรในรูปที่ 2.9 ที่ต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมประกอบด้วย $R_1 = 10\ \Omega$, $R_2 = 20\ \Omega$, $R_3 = 15\ \Omega$ และ $R_4 = 30\ \Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวม R_T มีกี่โอห์ม



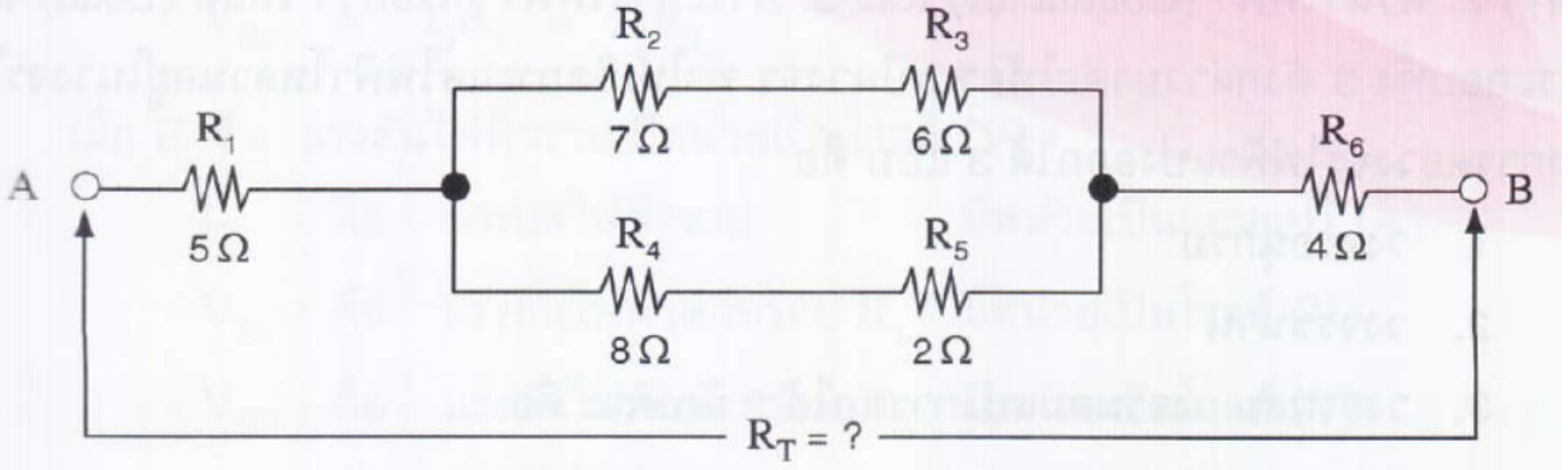
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

ตัวอย่างที่ 2.4 จากวงจรในรูปที่ 2.10 ที่ต่อตัวต้านทานแบบขนานประกอบด้วย $R_1 = 1\ k\Omega$, $R_2 = 2\ k\Omega$ และ $R_3 = 3\ k\Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวม R_T มีกี่โอห์ม



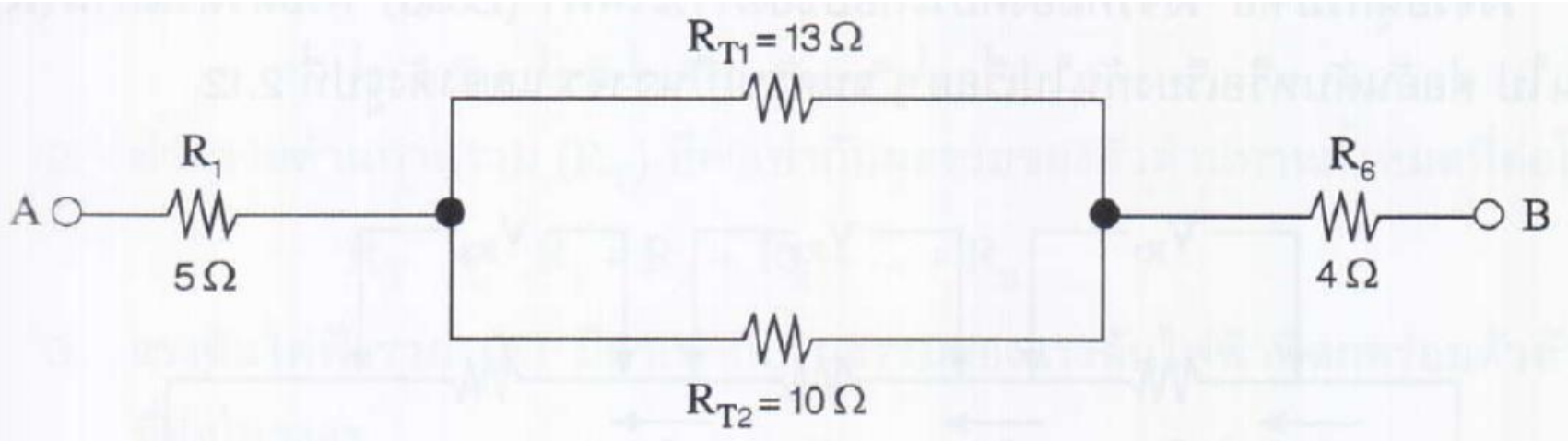
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ตัวอย่างที่ 2.5 จากวงจรรูปที่ 2.11 ที่ต่อตัวต้านทานแบบผสมประกอบด้วย $R_1 = 5\ \Omega$, $R_2 = 7\ \Omega$, $R_3 = 6\ \Omega$, $R_4 = 8\ \Omega$, $R_5 = 2\ \Omega$ และ $R_6 = 4\ \Omega$ จงหาค่าความต้านทานรวม R_T มีกี่โอห์ม

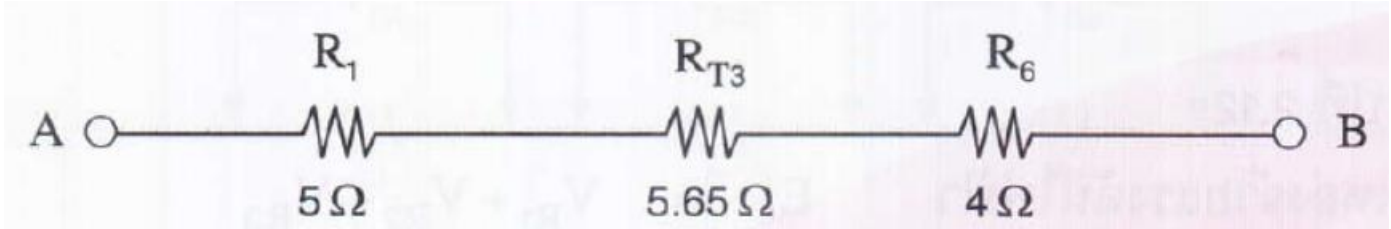


$$R_{T1} = R_2 + R_3$$

$$R_{T2} = R_4 + R_5$$



$$R_{T3} = R_{T1} \,//\, R_{T2}$$



$$R_T = R_1 + R_{T3} + R_6$$