

เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (2104-2002)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

DC
Electrical
Circuits

หน่วยที่ 8

การแปลงการต่อตัวต้านทาน

แบบวาย-เดลตา

(Wye - Delta Transformations)

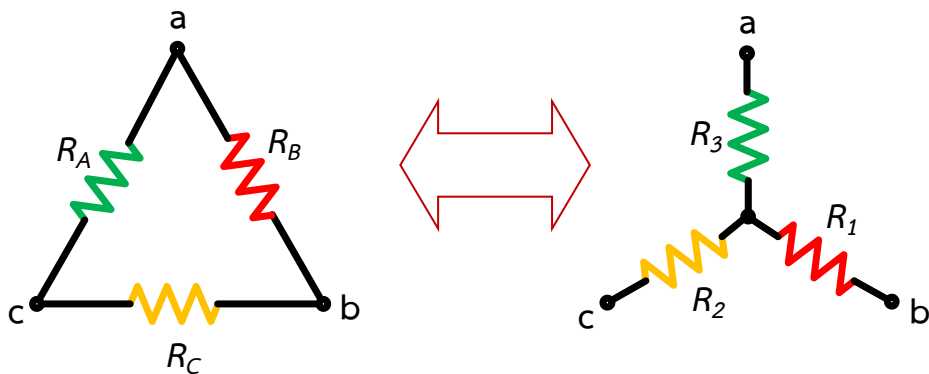
นายสุริยันต์ รักพวก

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารประกอบการเรียนการสอน
วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
รหัสวิชา 2104-2002

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม



โดย

สุรียนต์ รักพวง

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

การจัดการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาต่างๆ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 ของคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มุ่งเน้นการพัฒนานอกเหนือความรู้จากเนื้อหาแล้ว ยังต้องการพัฒนา ทักษะการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงได้เรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนขึ้นมาเพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นสาระสำคัญเหมาะสมทั้งด้านปริมาณและคุณภาพพร้อมกับสื่อการสอนที่ทันสมัยเพื่อใช้ในการเรียนการสอนและพัฒนาความสามารถของผู้เรียนโดยมีการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาแบ่งเนื้อหาออกเป็น 15 หน่วยการเรียนรู้ โดยแต่ละหน่วยมีการจัดทำ ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด แบบทดสอบพร้อมใบงานภาคปฏิบัติ ทำการวัดผลและประเมินผลการเรียนให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอน หน่วยการเรียนรู้ของเอกสารประกอบการเรียนการสอนฉบับนี้ประกอบด้วย

- หน่วยที่ 1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า
- หน่วยที่ 2 กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน
- หน่วยที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- หน่วยที่ 4 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน
- หน่วยที่ 5 วงจรไฟฟ้าแบบผสม
- หน่วยที่ 6 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
- หน่วยที่ 7 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
- หน่วยที่ 8 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา
- หน่วยที่ 9 วงจรบริดจ์
- หน่วยที่ 10 วิธีกระแสเมช
- หน่วยที่ 11 วิธีแรงดันโนด
- หน่วยที่ 12 ทฤษฎีการวางซ้อน
- หน่วยที่ 13 ทฤษฎีเทเวนิน
- หน่วยที่ 14 ทฤษฎีโนร์ตัน
- หน่วยที่ 15 ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

สำหรับความสำเร็จในการจัดเรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้นส่วนหนึ่งได้รับคำแนะนำมาจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน หากผู้ที่ได้อ่านเอกสารฉบับนี้พบข้อบกพร่องผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะ ผู้จัดทำยินดียอมรับและจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุริยันต์ รักพวก

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	ง
คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนหน่วยที่ 8 การแปลงการต่อตัว	จ
ด้านทานแบบวาย-เดลตา	
แบบทดสอบก่อนเรียน	1
ใบเนื้อหา	7
8.1 การแปลงการต่อตัวด้านทานแบบวายให้เป็นแบบเดลตา	8
8.2 การแปลงการต่อตัวด้านทานแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย	16
สรุป	21
ใบแบบฝึกหัด	23
ใบประเมินผลแบบฝึกหัด	25
ใบงานที่ 8 การแปลงการต่อตัวด้านทานแบบวาย-เดลตา	26
ใบประเมินผลใบงานที่ 8	39
เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 8	40
แบบทดสอบหลังเรียน	42
ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม	48
เอกสารอ้างอิง	49
ภาคผนวก	50
เฉลยแบบฝึกหัด	51
เฉลยใบงานที่ 8	64
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน	70
ใบสรุปการประเมินผล	71
สื่อ Power Point	72

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 8.1 การต่อตัวต้านทานแบบวายและเดลตา	8
รูปที่ 8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา	9
รูปที่ 8.3 ต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.1	10
รูปที่ 8.4 ผลการแปลงตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.1	11
รูปที่ 8.5 ตัวต้านทานรูปแบบ Y ตามตัวอย่างที่ 8.2	12
รูปที่ 8.6 ผลการแปลงตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.2	13
รูปที่ 8.7 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 8.3	13
รูปที่ 8.8 วงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นใหม่ ตามตัวอย่างที่ 8.3	15
รูปที่ 8.9 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)	16
รูปที่ 8.10 ตัวต้านทานรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.4	17
รูปที่ 8.11 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 8.4	18
รูปที่ 8.12 วงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นใหม่ ตามตัวอย่างที่ 8.3	20
รูปที่ 8.13 สรุปการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา	21
รูปที่ 8.14 สรุปการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ให้เป็นแบบวาย	21
รูปที่ 8.15 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1	23
รูปที่ 8.16 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2	23
รูปที่ 8.17 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3	24
รูปที่ 8.18 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4	24
รูปที่ 8.19 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5	24

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

รหัส 2104-2002

ระดับชั้น ปวช.

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง 2 หน่วยกิต

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

เวลาเรียนรวม 72 ชั่วโมง

จุดประสงค์รายวิชา

1. เพื่อให้ รู้ เข้าใจกฎและทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐาน
2. เพื่อให้มีทักษะต่อ การวัดประลอง และคำนวณค่าต่างๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีกิจนิสัยในการค้นคว้าเพิ่มเติม และการทำงานด้วยความรอบคอบและปลอดภัย

มาตรฐานรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับกฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์ กำลังไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้า วงจรความต้านทานแบบอนุกรม วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า วงจรความต้านทานแบบขนาน วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า การแปลงวงจรความต้านทานสตาร์-เดลตา วงจรบริดจ์ ดีเทอร์มิแนนต์ การวิเคราะห์วงจรเครือข่าย โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ เมชเคอเรนต์ โนดโวลเตจ ทฤษฎีการวางซ้อน เทเวนิน นอร์ตัน และการส่งถ่ายกำลังไฟฟ้าสูงสุด

คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน

การใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002 หน่วยที่ 8 เรื่องการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา ใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน 240 นาที (4 ชั่วโมง) เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอน เกิดประสิทธิผลของการเรียนรู้ ครูควรปฏิบัติตามข้อแนะนำต่างๆ ในการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนการสอนและสื่อการสอนเพื่อเตรียมการสอน
 2. ชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน หน่วยที่ 8 เรื่องการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา เกณฑ์การประเมินผลในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนและระเบียบต่างๆ ใช้เวลา 5 นาที
 3. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที
 4. สอนทฤษฎีตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 8 ด้วยสื่อ Power Point ในเอกสารประกอบการเรียนการสอน ใช้เวลาในการสอนทฤษฎี 60 นาที
 5. สรุปสาระการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 8 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายให้เป็นแบบเดลตา การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย ใช้เวลา 5 นาที
 6. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด ใช้เวลา 40 นาที
 7. สอนภาคปฏิบัติตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 8 ให้ผู้เรียนทำการทดลองใบงานที่ 8 ใช้เวลา 55 นาที
 8. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที
 9. เฉลยแบบฝึกหัด ใบงานที่ 8 แบบทดสอบก่อนเรียน แบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลา 20 นาที
 10. เก็บรวบรวม แบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บันทึกคะแนนลงในแบบวัดผลประเมินผลหน่วยที่ 8 โดยใช้เวลา 5 นาที
 11. สรุปผลการประเมินผล พร้อมชี้แนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข และให้ผู้เรียนเตรียมความพร้อมในการเรียนหน่วยที่ 9 เรื่องวงจรบริดจ์ ให้ผู้เรียนเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองใบงาน ทำความสะอาดห้องเรียน สรรวจเครื่องแต่งกาย ก่อนออกจากห้องเรียนโดยใช้เวลา 10 นาที
- ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นภาคทฤษฎีและปฏิบัติ บทบาทสำคัญของครูต้องสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะ เกิดการเชื่อมโยงความรู้จากทฤษฎีสู่ภาคปฏิบัติความสัมพันธ์ของเนื้อหาภาพรวมทั้งหมดที่เรียนสามารถขยายความรู้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้



แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

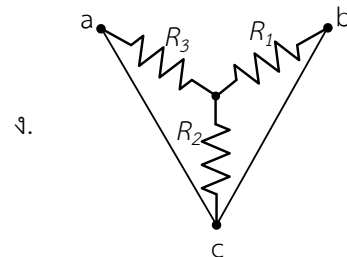
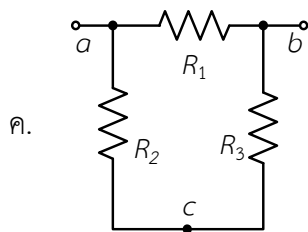
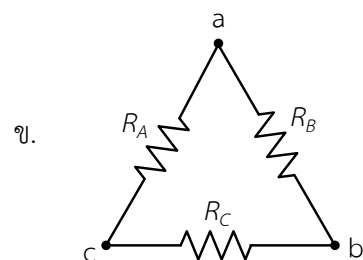
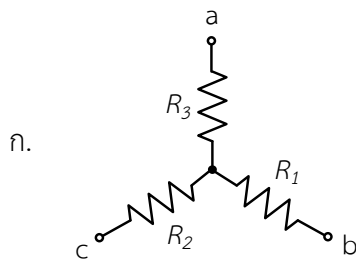
สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

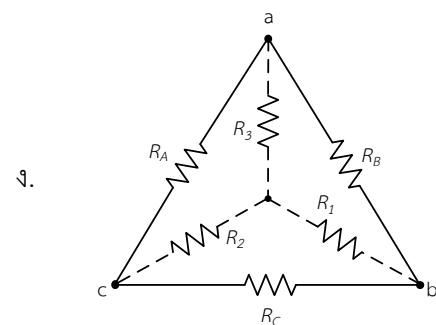
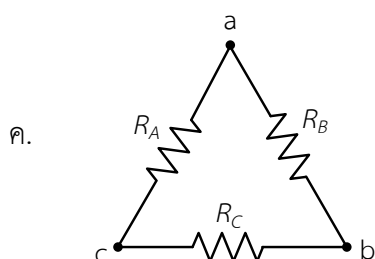
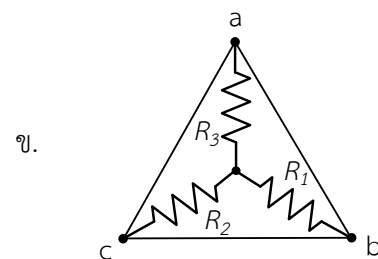
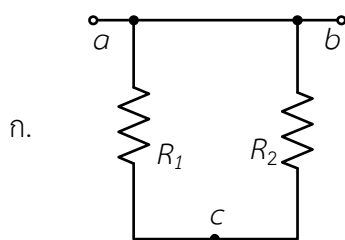
คำชี้แจง

- จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
- แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 20 นาที

- รูปในข้อใดหมายถึงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y)



- รูปในข้อใดหมายถึงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ)





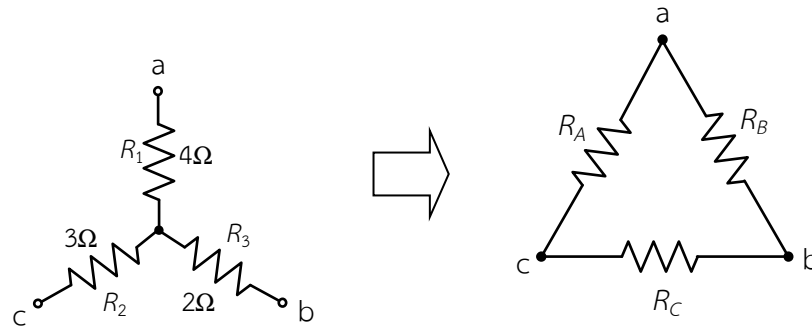
แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ใช้ตอบคำถามข้อที่ 3-4



รูปที่ 8.1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 3-4

3. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบเดลตา R_A มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = 22 \Omega$

ข. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = 11 \Omega$

ค. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = 7.33 \Omega$

ง. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2} = 3.67 \Omega$

4. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบเดลตา R_B มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = 22 \Omega$

ข. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2} = 3.67 \Omega$

ค. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = 11 \Omega$

ง. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = 7.33 \Omega$

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

5. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบเดลตา R_C มีค่าเท่ากับข้อใด

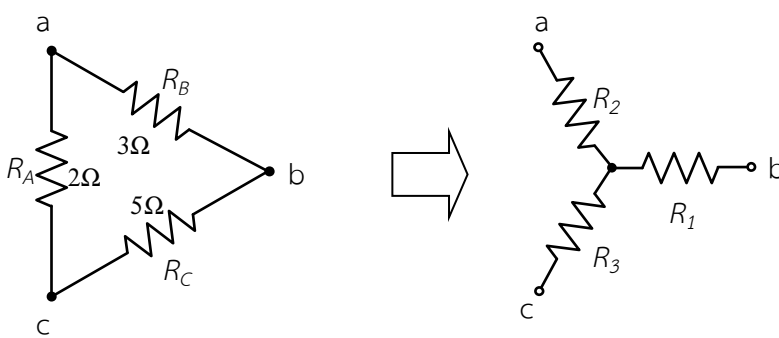
ก. $R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = 7.33 \Omega$

ข. $R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = 22 \Omega$

ค. $R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = 11 \Omega$

ง. $R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2} = 3.67 \Omega$

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ใช้ตอบคำถามข้อที่ 6-8



รูปที่ 8.2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 6-8

6. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบวาย R_1 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $R_1 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1 \Omega$

ข. $R_1 = \frac{R_A R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 3 \Omega$

ค. $R_1 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = 0.6 \Omega$

ง. $R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1.5 \Omega$



แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

7. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบวาย R_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $R_2 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = 0.6 \Omega$

ข. $R_2 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1.5 \Omega$

ค. $R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1 \Omega$

ง. $R_2 = \frac{R_A R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 3 \Omega$

8. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบวาย R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

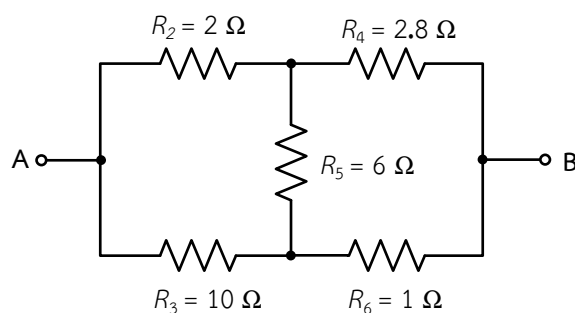
ก. $R_3 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1.5 \Omega$

ข. $R_3 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1 \Omega$

ค. $R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = 0.6 \Omega$

ง. $R_3 = \frac{R_A R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 3 \Omega$

9. จากรูป ค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่าไร



รูปที่ 8.3 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 9

ก. 4Ω

ข. 3Ω

ค. 2Ω

ง. 1.2Ω



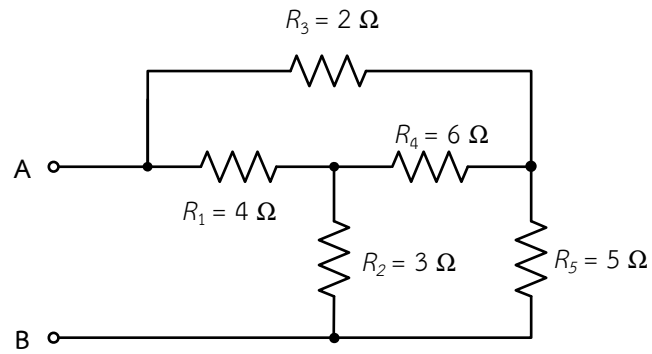
แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

10. จากรูป ค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่าไร



รูปที่ 8.4 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 10

- ก. 1.80 Ω
- ข. 3.65 Ω
- ค. 3.39 Ω
- ง. 14.45 Ω

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ - สกุล เลขที่ ชั้น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปผล

เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

ทำแบบทดสอบได้ 9 – 10 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
ทำแบบทดสอบได้ 7 – 8 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ทำแบบทดสอบได้ 5 – 6 คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้
ทำแบบทดสอบได้ 0 – 4 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
สาระสำคัญ วงจรไฟฟ้าบางวงจรมีโครงสร้างการต่อที่ซับซ้อนมากจนไม่สามารถใช้วิธีดังที่ผ่านมาแล้ว ในการหาค่าความต้านทานไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าได้ เมื่อวงจรไม่ได้ต่อกันแบบอนุกรมหรือขนาน แต่ถ้าตัวต้านทานเหล่านั้นถูกต่อให้อยู่ในรูปเดลตา การแปลงโครงสร้างวงจรบางส่วนที่อยู่ในรูปแบบเดลตาให้อยู่ในรูปแบบของวาย หรือแปลงจากวงจรรูปแบบวายเป็นวงจรรูปแบบเดลตา ก็จะทำให้ปัญหาหมดไปได้ และการคำนวณหาค่าต่างๆ ง่ายขึ้น จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจลักษณะของการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายและแบบเดลตา จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบวายได้ 2. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาได้ 3. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้ 4. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้ คุณธรรม จริยธรรม 1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 1.1 ความรับผิดชอบ 1.2 ความมีวินัย 1.3 การตรงต่อเวลา 1.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์ 1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ 1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้ 2. การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ 2.2 ทำตามลำดับขั้น 2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด 2.4 การมีส่วนร่วม		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

สาระการเรียนรู้

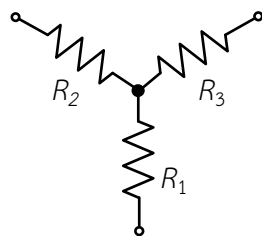
- 8.1 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายให้เป็นแบบเดลตา
- 8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย

เนื้อหาสาระ

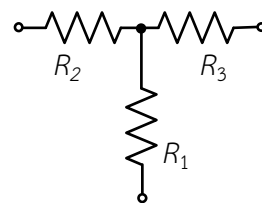
ในการหาค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้า ในวงจรที่มีโครงสร้างที่ซับซ้อนจะทำได้ยาก ยิ่งถ้าวงจรไฟฟ้าที่ต่อกันอยู่ในรูปแบบเดลตาก็จะลำบากยิ่งขึ้น ดังนั้นวิธีการเปลี่ยนโครงสร้างวงจรในหน่วยการเรียนรู้นี้มี การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายให้เป็นแบบเดลตาและการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาให้เป็นแบบวาย มีรายละเอียดดังนี้

8.1 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ)

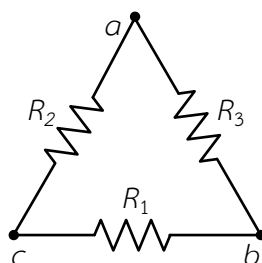
การเรียกรูปแบบการต่อตัวต้านทานอาจแตกต่างกัน เช่น การต่อแบบวายอาจเรียกว่าแบบสตาร์ (Star: Y) หรือแบบ ที (Tee: T) ส่วนแบบเดลตาอาจเรียกว่า แบบไพ (Pi: π) ดังแสดงการต่อตัวต้านทานดังรูปที่ 8.1



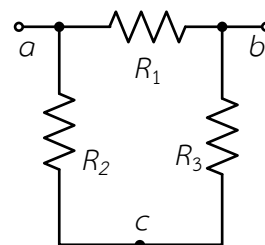
ก) ตัวต้านทานต่อแบบสตาร์หรือแบบวาย (Y)



ข) ตัวต้านทานต่อแบบที (T)



ค) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)



ง) ตัวต้านทานต่อแบบไพ (π)

รูปที่ 8.1 การต่อตัวต้านทานแบบวายและเดลตา



ใบเนื้อหา

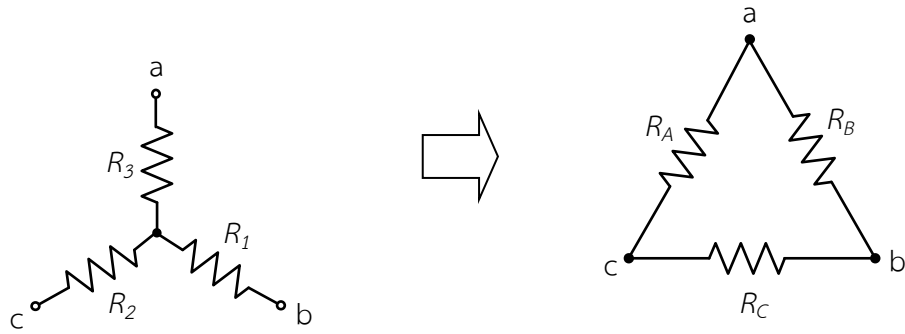
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

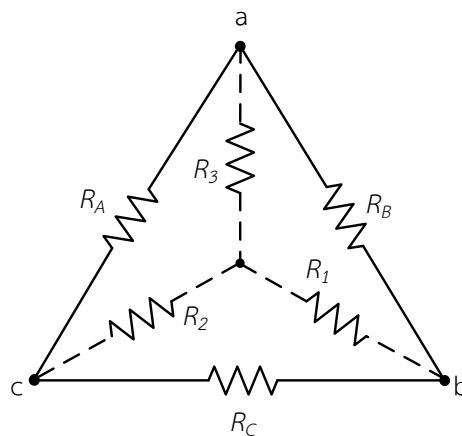
จำนวน 4 ชั่วโมง

การแปลงตัวต้านทานแบบ Y ให้เป็นแบบเดลตา Δ จะพิจารณาจุดหลักคือ จุด a, b และ c จะต้องอยู่ที่เดิมเมื่อรูปมีการเปลี่ยนรูปแบบแล้วก็ตามดังรูปที่ 8.2



ก) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)



ค) การแปลงการต่อแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา จุดต่อยังเป็นเหมือนเดิม

รูปที่ 8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา

จากรูปที่ 8.2 เขียนสมการการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตาได้ดังนี้

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1} \quad (8-1)$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = \frac{\sum R_Y}{R_2} \quad (8-2)$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = \frac{\sum R_Y}{R_3} \quad (8-3)$$

ในที่นี้ $\sum R_Y$ จะหมายถึง ผลรวมของผลคูณของความต้านทานแต่ละคู่ที่นำมาต่อรูปแบบวาย มีค่าเท่ากับ

$$\sum R_Y = R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 \quad (8-4)$$

ข้อสังเกต จากสมการที่ 8-1 – 8-3 พบว่าตัวเศษคือ $\sum R_Y = R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1$ และตัวส่วนคือ R ที่อยู่ตรงกันข้ามกับ R ตัวใหม่ที่จะแปลงไปในรูปแบบเดลตา เช่น ต้องการหาค่า R_A (แบบเดลตา) ตัวส่วน คือ R_1 (แบบวาย) ที่อยู่ระหว่างจุด a และ c ฉะนั้นตัวส่วน ที่อยู่ในการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา จะไม่แน่นอนเสมอไป ขึ้นอยู่กับวงจรการต่อตัวต้านทานแบบวายที่กำหนดมาให้

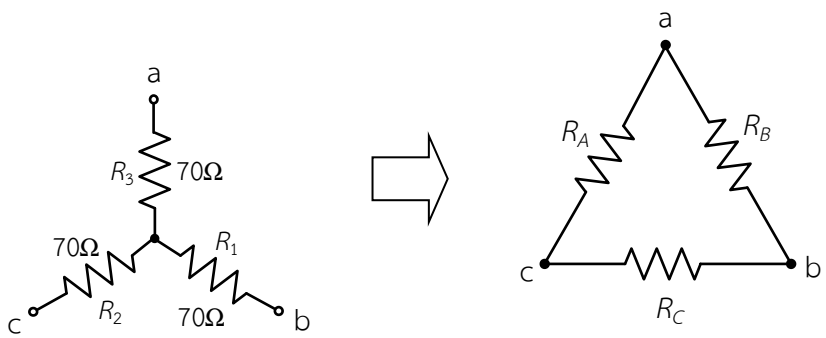
กรณีที่ตัวต้านทานทั้ง 3 ตัว ต่อกันแบบ Y และแบบ Δ มีค่าเท่ากัน ความสัมพันธ์ของการแปลงรูปแบบการต่อตัวต้านทานแบบ Y ไปเป็นแบบ Δ ดังสมการที่ 8-5 - 8-6

$$R_Y = \frac{R\Delta}{3} \quad (8-5)$$

$$R\Delta = 3R_Y \quad (8-6)$$

เมื่อ R_Y หมายถึง ค่าตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ตัวที่ต่อในรูปแบบ Y
 $R\Delta$ หมายถึง ค่าตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ตัวที่ต่อในรูปแบบ Δ

ตัวอย่างที่ 8.1 จากรูปที่ 8.3 จงแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ



รูปที่ 8.3 ต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.1

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

วิธีทำ

จากสมการที่ 8-1 จะได้

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} \\
 &= \frac{(70\Omega \times 70\Omega) + (70\Omega \times 70\Omega) + (70\Omega \times 70\Omega)}{70\Omega} \\
 &= \frac{(4900\Omega^2) + (4900\Omega^2) + (4900\Omega^2)}{70\Omega} \\
 &= \frac{14700\Omega^2}{70\Omega}
 \end{aligned}$$

$$R_A = 210\Omega$$

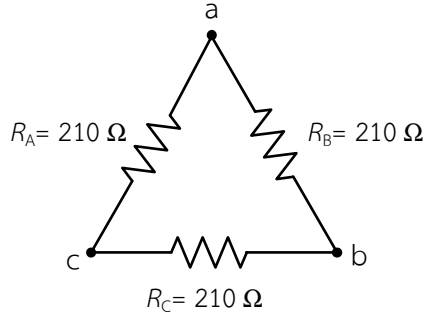
ดังนั้น $R_A = R_B = R_C = 210\Omega$

จากสมการที่ 8-6 จะได้

$$R\Delta = 3R_Y = 3 \times 70\Omega = 210\Omega$$

ดังนั้น $R_A = R_B = R_C = 210\Omega$

$\therefore$ จะได้การต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ดังรูปที่ 8.4



รูปที่ 8.4 ผลการแปลงตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.1

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 8.2 จากรูปที่ 8.5 จงแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ

รูปที่ 8.5 ตัวต้านทานรูปแบบ Y ตามตัวอย่างที่ 8.2

วิธีทำ จากสมการที่ 8-4 จะได้

$$\begin{aligned}
 \sum R_Y &= R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 \\
 &= (5\Omega \times 15\Omega) + (15\Omega \times 9\Omega) + (9\Omega \times 5\Omega) \\
 &= (75\Omega^2) + (135\Omega^2) + (45\Omega^2) \\
 \sum R_Y &= 225\Omega^2
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ 8-1 จะได้

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1} \\
 &= \frac{225\Omega^2}{5\Omega} \\
 R_A &= 45\Omega
 \end{aligned}$$

จากสมการที่ 8-2 จะได้

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{\sum R_Y}{R_2} \\
 &= \frac{225\Omega^2}{15\Omega} \\
 R_B &= 15\Omega
 \end{aligned}$$



ใบเนื้อหา

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

จำนวน 4 ชั่วโมง

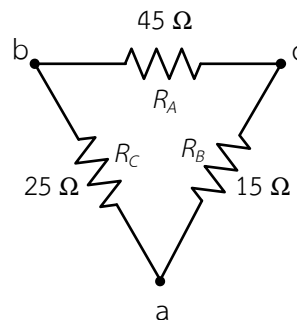
จากสมการที่ 8-3 จะได้

$$R_C = \frac{\sum R_Y}{R_3}$$

$$= \frac{225 \Omega^2}{9 \Omega}$$

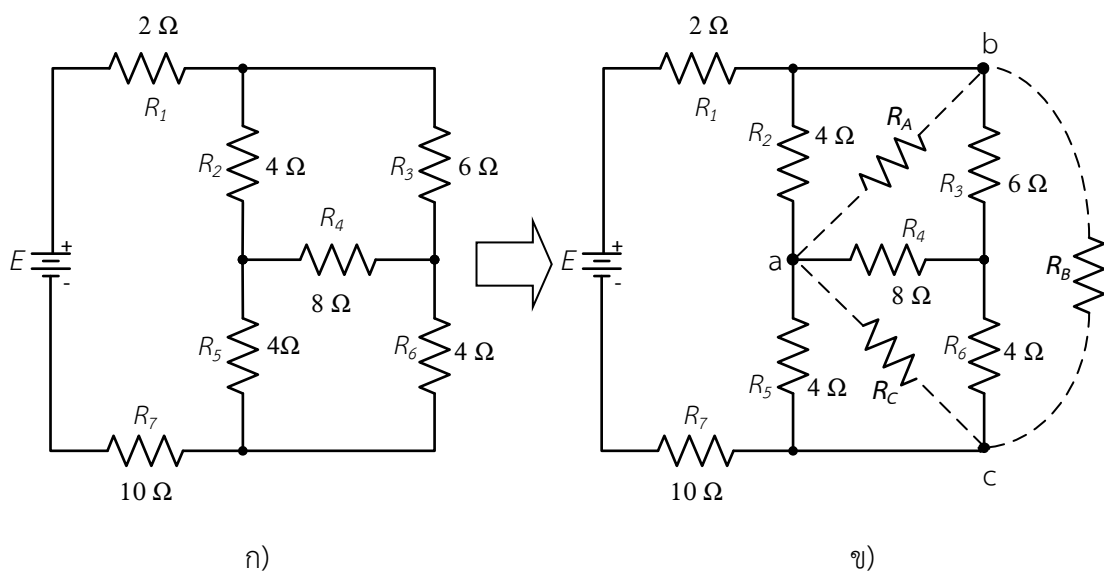
$$R_C = 25 \Omega$$

∴ จะได้การต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ดังรูป



รูปที่ 8.6 ผลการแปลงตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.2

ตัวอย่างที่ 8.3 จากรูปที่ 8.7 ก) จงหาค่าความต้านทานรวมในวงจร



รูปที่ 8.7 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 8.3

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

วิธีทำ จากรูปที่ 8.7 ข) แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Y เป็น Δ จะได้

$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_3 R_4 + R_4 R_6 + R_6 R_3 \\ &= (6\Omega \times 8\Omega) + (8\Omega \times 4\Omega) + (4\Omega \times 6\Omega) \\ &= (48\Omega^2) + (32\Omega^2) + (24\Omega^2) \\ \sum R_Y &= 104\Omega^2\end{aligned}$$

จากสมการ จะได้

$$\begin{aligned}R_A &= \frac{R_3 R_4 + R_4 R_6 + R_6 R_3}{R_6} = \frac{\sum R_Y}{R_6} \\ &= \frac{104\Omega^2}{4\Omega} \\ R_A &= 26\Omega\end{aligned}$$

จากสมการ จะได้

$$\begin{aligned}R_B &= \frac{\sum R_Y}{R_4} \\ &= \frac{104\Omega^2}{8\Omega} \\ R_B &= 13\Omega\end{aligned}$$

จากสมการ จะได้

$$\begin{aligned}R_C &= \frac{\sum R_Y}{R_3} \\ &= \frac{104\Omega^2}{6\Omega} \\ R_C &= 17.33\Omega\end{aligned}$$



ใบเนื้อหา

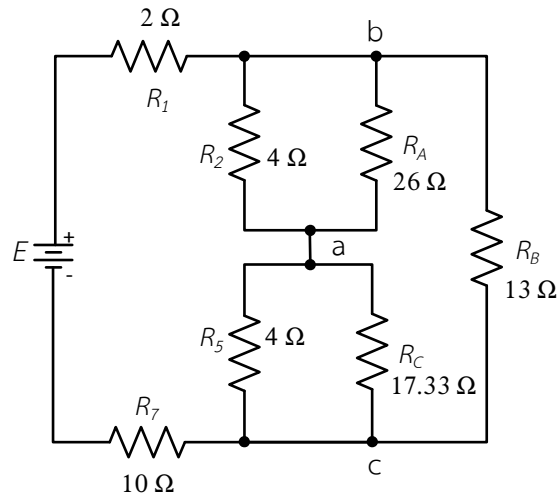
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

จำนวน 4 ชั่วโมง

นำ R_A , R_B และ R_C มาต่อแบบ Δ ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น



รูปที่ 8.8 วงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นใหม่ ตามตัวอย่างที่ 8.3

จากรูปที่ 8.8 จะหาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= (R_2 // R_A) + (R_5 // R_C) = \frac{R_2 R_A}{R_2 + R_A} + \frac{R_5 R_C}{R_5 + R_C} \\
 &= \left(\frac{4 \Omega \times 26 \Omega}{4 \Omega + 26 \Omega} \right) + \left(\frac{4 \Omega \times 17.33 \Omega}{4 \Omega + 17.33 \Omega} \right) \\
 &= 3.47 \Omega + 3.25 \Omega
 \end{aligned}$$

$$R_{T1} = 6.72 \Omega$$

$$\begin{aligned}
 R_{T2} &= R_{T1} // R_B = \frac{R_{T1} R_B}{R_{T1} + R_B} \\
 &= \frac{6.72 \Omega \times 13 \Omega}{6.72 \Omega + 13 \Omega}
 \end{aligned}$$

$$R_{T2} = 4.43 \Omega$$

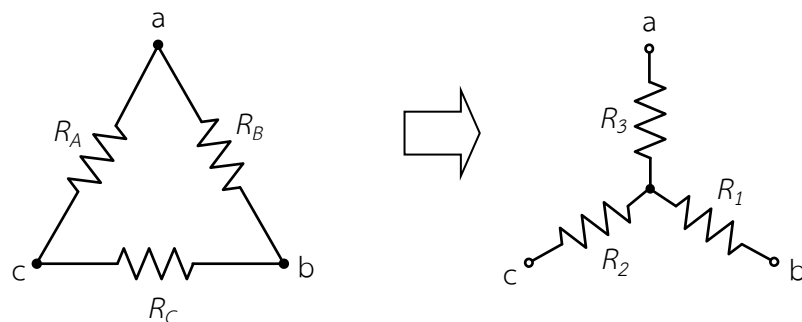
$$\begin{aligned}
 R_T &= R_1 + R_{T2} + R_7 \\
 &= 2 \Omega + 4.43 \Omega + 10 \Omega = 16.43 \Omega
 \end{aligned}$$

$$\therefore R_T = 16.43 \text{ โอห์ม}$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)

การต่อตัวต้านทานคล้ายรูปสามเหลี่ยมนิยมเรียกว่าแบบเดลตา (Δ) และยังมีชื่อเรียกอีกชื่อว่าไพ (π) การแปลงจากรูปแบบเดลตา ไปเป็นแบบวาย จุดต่อของวงจรจะต้องอยู่ตำแหน่งเดิม เปลี่ยนไปเฉพาะรูปแบบการต่อตัวต้านทานเท่านั้นดังรูปที่ 8.9



ก) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

รูปที่ 8.9 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\sum R_{\Delta}} \quad (8-7)$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\sum R_{\Delta}} \quad (8-8)$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_B}{\sum R_{\Delta}} \quad (8-9)$$

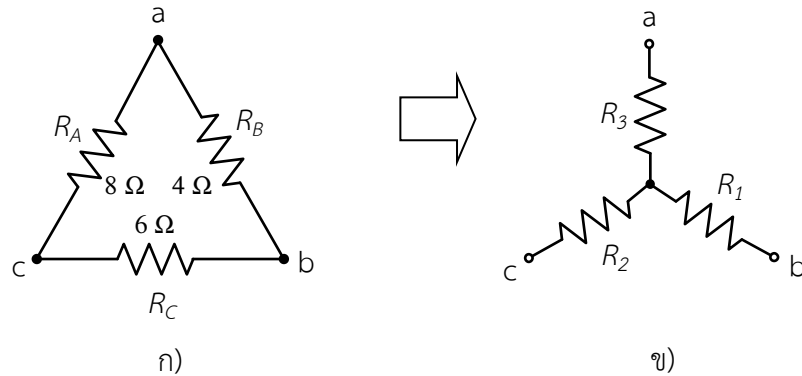
ในที่นี้ $\sum R_{\Delta}$ จะหมายถึง ผลรวมของของตัวต้านทานที่ต่อแบบเดลตามีค่าเท่ากับ

$$\sum R_{\Delta} = R_A + R_B + R_C \quad (8-10)$$

ข้อสังเกต จากสมการที่ 8-7 – 8-9 พบว่าตัวส่วนคือ $\sum R_{\Delta} = R_A + R_B + R_C$ และตัวเศษคือ ผลคูณของ R (แบบเดลตา) ที่เป็นด้านประชิดมุม ของมุมที่ต่ออยู่กับตัวต้านทานที่ต้องการจะหาในแบบวาย เช่น ต้องการหาค่า R_3 (แบบวาย) ตัวเศษคือ $R_A \times R_B$ (แบบเดลตา) ดังนั้นตัวเศษจะเป็นผลคูณของ R คู่ไหน ขึ้นอยู่กับวงจรการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาที่กำหนดมาให้

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 8.4 จากรูป ก) จงแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ให้เป็นรูปแบบ Y ดังรูป ข)



รูปที่ 8.10 ตัวต้านทานรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.4

วิธีทำ จากรูปที่ 8.10 ข) แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y จะได้

$$\begin{aligned}\Sigma R_{\Delta} &= R_A + R_B + R_C \\ &= 8\Omega + 4\Omega + 6\Omega\end{aligned}$$

$$\Sigma R_{\Delta} = 18\Omega$$

จากสมการที่ 8-7 จะได้

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{4\Omega \times 6\Omega}{18\Omega}\end{aligned}$$

$$R_1 = 1.33\Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทาน $R_1 = 1.33$ โอห์ม

จากสมการที่ 8-8 จะได้

$$\begin{aligned}R_2 &= \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{8\Omega \times 6\Omega}{18\Omega}\end{aligned}$$

$$R_2 = 2.66\Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทาน $R_2 = 2.66$ โอห์ม

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

จากสมการที่ 8-9 จะได้

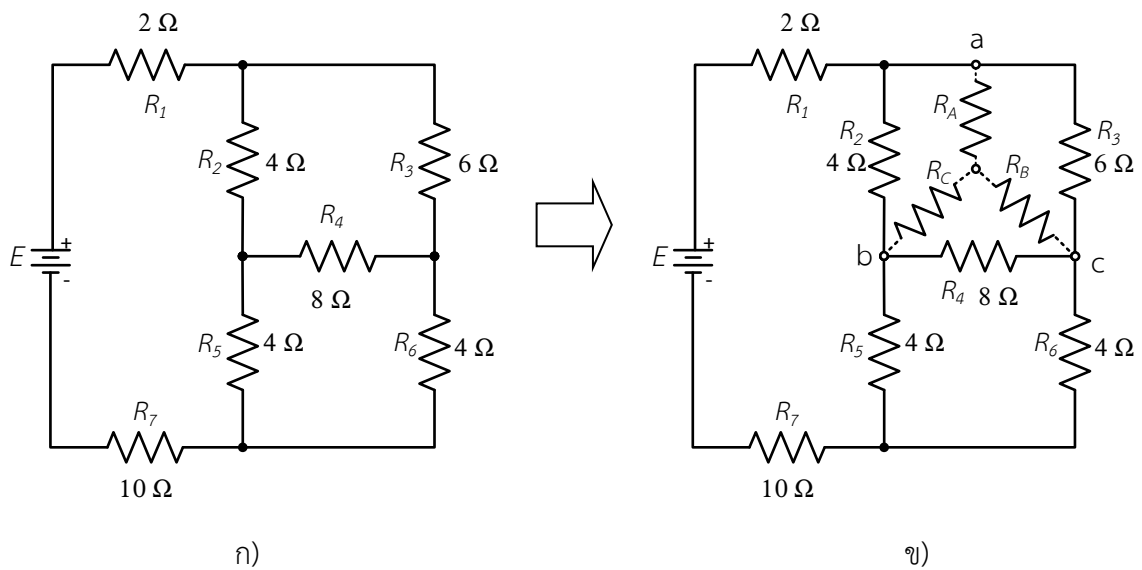
$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_B}{\sum R_{\Delta}}$$

$$= \frac{8\Omega \times 4\Omega}{18\Omega}$$

$$R_3 = 1.77\Omega$$

$\therefore$ ค่าความต้านทาน $R_3 = 1.77$ โอห์ม

ตัวอย่างที่ 8.5 จากรูป ก) จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้า



รูปที่ 8.11 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 8.4

วิธีทำ จากรูปที่ 8.11 ข) แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y จะได้

$$\begin{aligned}\sum R_{\Delta} &= R_2 + R_3 + R_4 \\ &= 4\Omega + 6\Omega + 8\Omega\end{aligned}$$

$$\sum R_{\Delta} = 18\Omega$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
จากสมการที่ 8-7 จะได้ $R_A = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3 + R_4} = \frac{R_2 R_3}{\sum R_{\Delta}}$ $= \frac{4\Omega \times 6\Omega}{18\Omega}$ $R_A = 1.33\Omega$ จากสมการที่ 8-8 จะได้ $R_B = \frac{R_3 R_4}{\sum R_{\Delta}}$ $= \frac{6\Omega \times 8\Omega}{18\Omega}$ $R_B = 2.67\Omega$ จากสมการที่ 8-9 จะได้ $R_C = \frac{R_2 R_4}{\sum R_{\Delta}}$ $= \frac{4\Omega \times 8\Omega}{18\Omega}$ $= 1.78\Omega$ นำ R_A, R_B และ R_C มาต่อแบบ Y ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น		



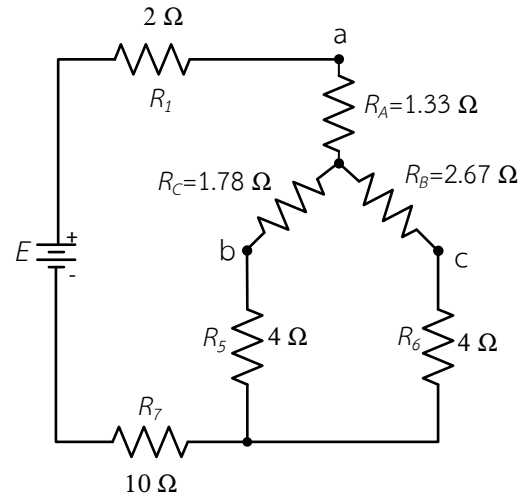
ใบเนื้อหา

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 8.12 วงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นใหม่ ตามตัวอย่างที่ 8.3

จากรูปที่ 8.12 จะหาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= (R_C + R_5) // (R_B + R_6) = \frac{(R_C + R_5) \times (R_B + R_6)}{(R_C + R_5) + (R_B + R_6)} \\
 &= \frac{(1.78\Omega + 4\Omega) \times (2.67\Omega + 4\Omega)}{(1.78\Omega + 4\Omega) + (2.67\Omega + 4\Omega)} \\
 &= \frac{5.78\Omega \times 6.67\Omega}{5.78\Omega + 6.67\Omega} \\
 &= \frac{38.5526\Omega^2}{12.45\Omega} \\
 R_{T1} &= 3.1\Omega
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_T &= R_1 + R_A + R_{T1} + R_7 \\
 &= 2\Omega + 1.33\Omega + 3.1\Omega + 10\Omega
 \end{aligned}$$

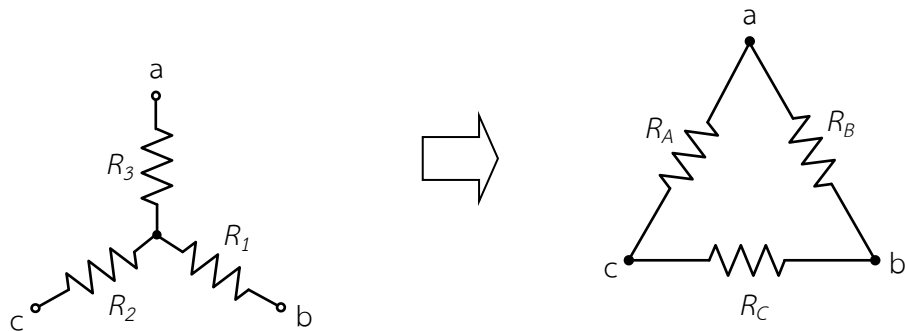
$$R_T = 16.43\Omega$$

$$\therefore R_T = 16.43 \text{ โอห์ม}$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

สรุป

การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ)



ก) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

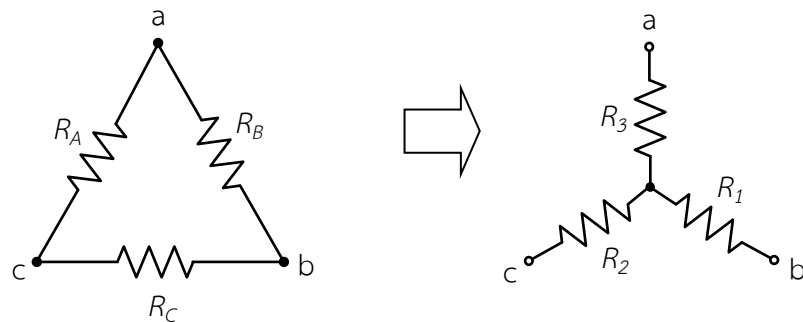
รูปที่ 8.13 สรุปการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1}$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = \frac{\sum R_Y}{R_2}$$

$$R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = \frac{\sum R_Y}{R_3}$$

การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)



ก) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

รูปที่ 8.14 สรุปการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ให้เป็นแบบวาย

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\sum R_{\Delta}}$ $R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\sum R_{\Delta}}$ $R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_B}{\sum R_{\Delta}}$		

	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

คำสั่ง จงตอบคำถามและแสดงวิธีทำให้สมบูรณ์ถูกต้อง (40 นาที)

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. จงอธิบายการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) มาพอเข้าใจ (5 คะแนน)

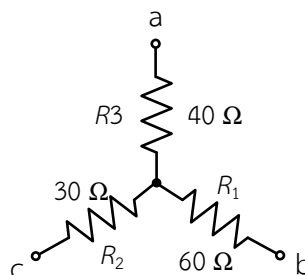
.....

2. จงอธิบายการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) มาพอเข้าใจ (5 คะแนน)

.....

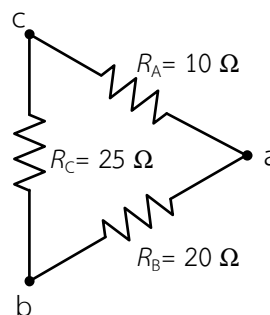
ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากรูป แปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ และเขียนรูปการต่อตัวต้านทานแบบ Δ (10 คะแนน)



รูปที่ 8.15 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

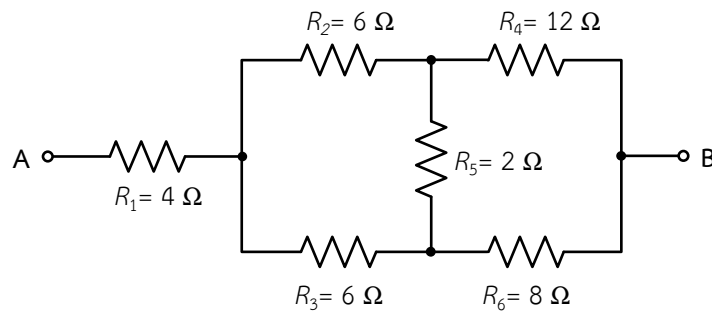
2. จากรูป แปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ให้เป็นรูปแบบ Y และเขียนรูปการต่อตัวต้านทานแบบ Y (10 คะแนน)



รูปที่ 8.16 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

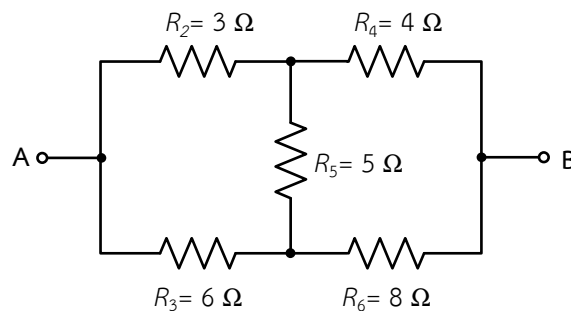
	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

3. จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A และ B โดยใช้การแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ให้เป็นรูปแบบ Y ช่วยในการคำนวณ (10 คะแนน)



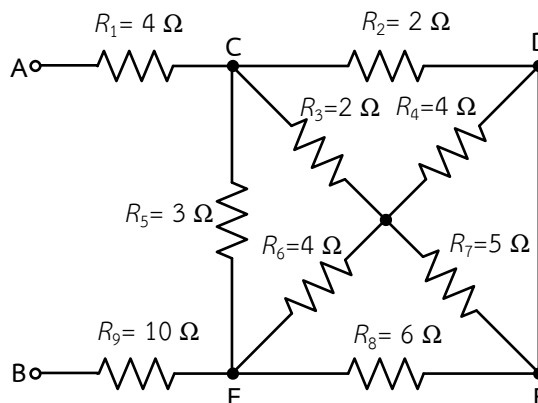
รูปที่ 8.17 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B โดยใช้รูปแบบการแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ช่วยในการคำนวณ (10 คะแนน)



รูปที่ 8.18 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

5. จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B (10 คะแนน)



รูปที่ 8.19 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

	ใบประเมินผลแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
ตอนที่ 1			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1	5		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2	5		
ตอนที่ 2			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 3	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 4	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 5	10		
รวมคะแนน	60		
คะแนนจริง	10		

ความคิดเห็นของผู้ประเมินผล

.....

.....

.....

เกณฑ์การประเมิน

ทำแบบฝึกหัดได้	9 – 10	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
ทำแบบฝึกหัดได้	7 – 8	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ทำแบบฝึกหัดได้	5 – 6	คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้
ทำแบบฝึกหัดได้	0 – 4	คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

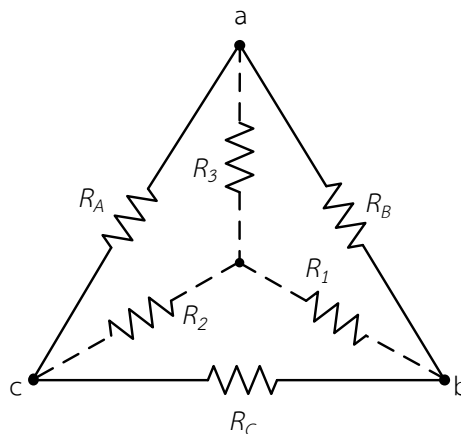
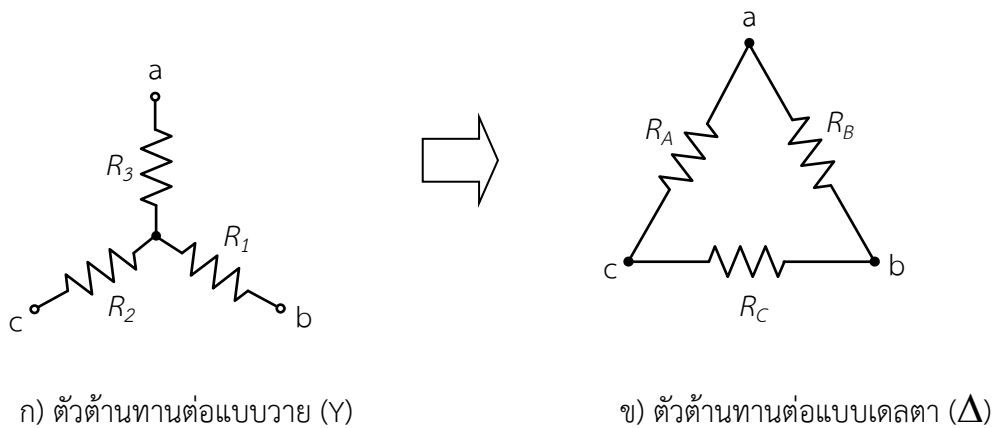
	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง
คำสั่ง จงต่อวงจร วัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ในการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) และเป็นแบบเดลตา (Δ) โดยใช้มัลติมิเตอร์ จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน 1. จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าความต้านทานไฟฟ้าที่ได้จากการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ) และแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y) 2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เมื่อผู้เรียนปฏิบัติ เรื่องการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตาจบแล้ว ผู้เรียนสามารถ 2.1 ต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตาได้ถูกต้อง 2.2 วัดหาค่าความต้านทานไฟฟ้าตามการทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตาได้ถูกต้อง 2.3 คำนวณหาค่าความต้านทานของการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตาได้ถูกต้อง 2.4 ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกိณสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้ 3. เจตคติ คุณธรรม ค่านิยมอันพึงประสงค์ 3.1 ความรับผิดชอบ 3.2 ความมีวินัย 3.3 การตรงต่อเวลา 3.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์ 3.5 ความรู้ทักษะและวิชาชีพ 3.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้ 3.7 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ 3.8 ทำตามลำดับขั้น 3.9 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด 3.10 การมีส่วนร่วม		

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

เนื้อหาสาระ

1. การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ)

การแปลงตัวต้านทานแบบ Y ให้เป็นแบบเดลตา Δ จะพิจารณาจุดหลักคือ จุด a, b และ c จะต้องอยู่ที่เดิมเมื่อรูปมีการเปลี่ยนรูปแบบแล้วก็ตามดังรูปที่ 8.1



ค) การแปลงการต่อแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา จุดต่อยังเป็นเหมือนเดิม

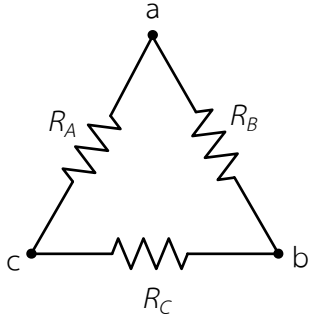
รูปที่ 8.1 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา

จากรูปที่ 8.1 เขียนสมการการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตาได้ดังนี้

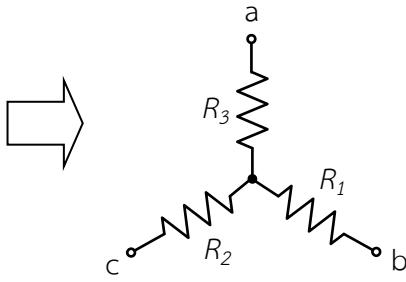
$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1} \quad (8-1)$$

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง
$R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = \frac{\sum R_Y}{R_2} \quad (8-2)$ $R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = \frac{\sum R_Y}{R_3} \quad (8-3)$ ในที่นี้ $\sum R_Y$ จะหมายถึง ผลรวมของผลคูณของความต้านทานแต่ละคู่ที่นำมาต่อรูปแบบวาย มีค่าเท่ากับ $\sum R_Y = R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 \quad (8-4)$ ข้อสังเกต จากสมการที่ 8-1 – 8-3 พบว่าตัวเศษคือ $\sum R_Y = R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1$ และตัวส่วนคือ R ที่อยู่ตรงกันข้ามกับ R ตัวใหม่ที่จะแปลงไปในรูปแบบเดลตา เช่น ต้องการหาค่า R_A (แบบเดลตา) ตัวส่วน คือ R_1 (แบบวาย) ที่อยู่ระหว่างจุด a และ c ฉะนั้นตัวส่วน ที่อยู่ในสมการการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา จะไม่แน่นอนเสมอไป ขึ้นอยู่กับวงจรการต่อตัวต้านทานแบบวายที่กำหนดมาให้ กรณีที่ตัวต้านทานทั้ง 3 ตัว ต่อกันแบบ Y และแบบ Δ มีค่าเท่ากัน ความสัมพันธ์ของการแปลงรูปแบบการต่อตัวต้านทานแบบ Y ไปเป็นแบบ Δ ดังสมการที่ 8-5 - 8-6 $R_Y = \frac{R\Delta}{3} \quad (8-5)$ $R\Delta = 3R_Y \quad (8-6)$ เมื่อ R_Y หมายถึง ค่าตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ตัวที่ต่อในรูปแบบ Y $R\Delta$ หมายถึง ค่าตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ตัวที่ต่อในรูปแบบ Δ 2. การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y) การต่อตัวต้านทานคล้ายรูปสามเหลี่ยมนิยมเรียกว่าแบบเดลตา (Δ) และยังมีชื่อเรียกอีกชื่อว่าไฟ (π) การแปลงจากรูปแบบเดลตา ไปเป็นแบบวาย จุดต่อของวงจรจะต้องอยู่ตำแหน่งเดิม เปลี่ยนไปเฉพาะรูปแบบการต่อตัวต้านทานเท่านั้นดังรูปที่ 8.2		

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง



ก) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)



ข) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

รูปที่ 8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\sum R_\Delta} \quad (8-7)$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\sum R_\Delta} \quad (8-8)$$

$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_B}{\sum R_\Delta} \quad (8-9)$$

ในที่นี้ $\sum R_\Delta$ จะหมายถึง ผลรวมของของตัวต้านทานที่ต่อแบบเดลตามีค่าเท่ากับ

$$\sum R_\Delta = R_A + R_B + R_C \quad (8-10)$$

ข้อสังเกต จากสมการที่ 8-7 – 8-9 พบว่าตัวส่วนคือ $\sum R_\Delta = R_A + R_B + R_C$ และตัวเศษคือ ผลคูณของ R (แบบเดลตา) ที่เป็นด้านประชิดมุม ของมุมที่ต่ออยู่กับตัวต้านทานที่ต้องการจะหาในแบบวาย เช่น ต้องการหาค่า R_3 (แบบวาย) ตัวเศษคือ $R_A \times R_B$ (แบบเดลตา) ดังนั้นตัวเศษจะเป็นผลคูณของ R คู่ไหน ขึ้นอยู่กับวงจรการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาที่กำหนดมาให้

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง

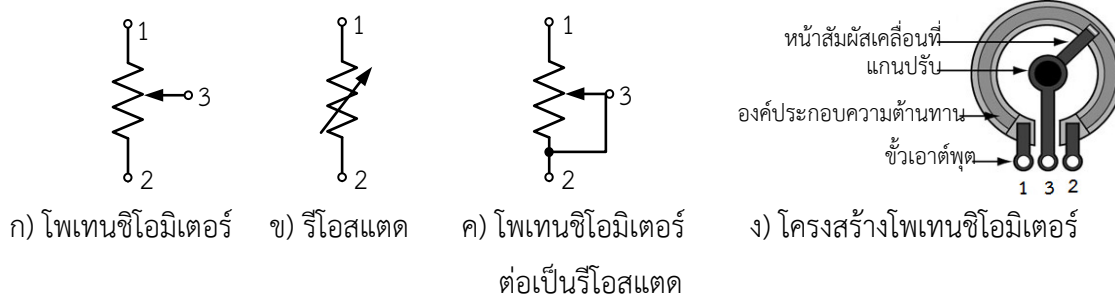
3. ตัวต้านทานปรับค่าได้

เป็นตัวต้านทานที่สามารถปรับค่าความต้านทานได้อย่างต่อเนื่องในช่วงค่าความต้านทานที่กำหนดไว้ จะใช้ในงานที่ต้องการปรับค่าความต้านทานบ่อยๆ ตัวต้านทานชนิดนี้จะมีหน้าสัมผัสสำหรับการหมุน เลื่อนหน้าสัมผัส



รูปที่ 8.3 ภาพตัวอย่างตัวต้านทานแบบเปลี่ยนแปลงค่าได้

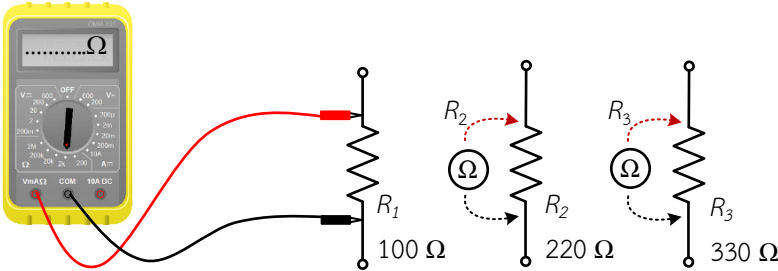
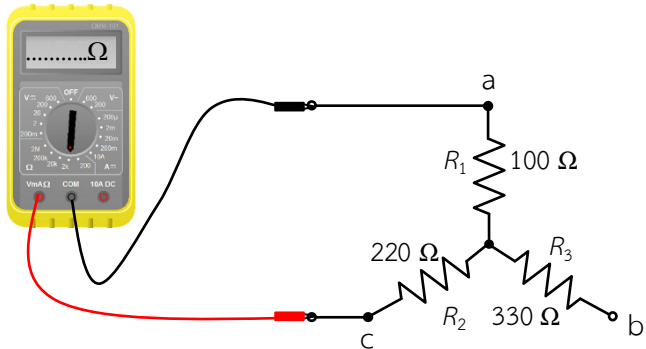
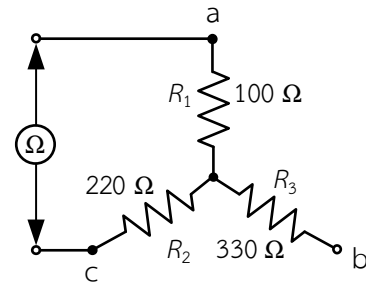
ในการปรับค่าความต้านทานโดยมีแกนยื่นออกมาเพื่อใช้สำหรับหมุนปรับค่า อย่างเช่น ปุ่มปรับแรงเสียง แบบธรรมดา หรือ แบบสไลด์ อีกแบบหนึ่งไม่มีแกนหมุนเราเรียกกันว่า วอลุ่มเกือกม้า หรือ Trimpot อาจจะทำมาจาก คาร์บอน เซอร์เมท (เซรามิกผสมเงิน) หรือพลาสติก



รูปที่ 8.4 โครงสร้างส่วนประกอบตัวต้านทานปรับค่าได้

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล	จำนวน	1	เครื่อง
2. แผงประกอบวงจร	จำนวน	1	แผง
3. ตัวต้านทาน 100 Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
4. ตัวต้านทาน 220 Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง
5. ตัวต้านทาน 330 Ω ขนาด 1 W จำนวน 1 ตัว 6. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 1 kΩ จำนวน 2 ตัว 7. ตัวต้านทานปรับค่าได้ 2 kΩ จำนวน 1 ตัว 8. สายปากคีบ จำนวน 10 เส้น		
1. การทดลองที่ 1.1 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ให้เป็นแบบเดลตา ลำดับขั้นการทดลอง 1.1 ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 8.5 บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.1  รูปที่ 8.5 วัดค่าความต้านทานแต่ละตัว 1.2 ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 8.6 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด a และ c บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.1  ก) แสดงเป็นรูปเสมือน  ข) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์ รูปที่ 8.6 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรการทดลองต่อตัวต้านทานแบบวาย		

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง

1.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบวายเป็นแบบเดลตา โดยนำค่าที่วัดได้จากข้อ 1.1 แทนในสมการที่ให้มา นำค่าที่คำนวณได้บันทึกลงในตารางที่ 8.1

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1}$$

$$= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

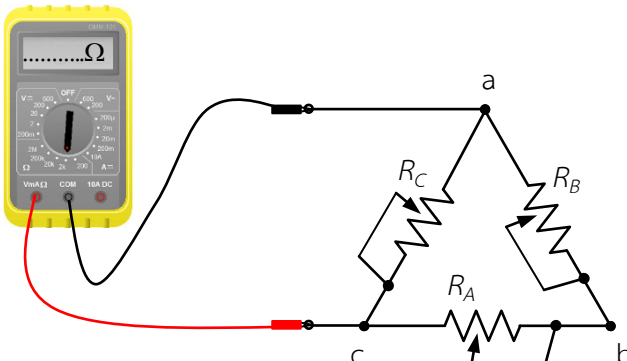
$$R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = \frac{\sum R_Y}{R_2}$$

$$= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

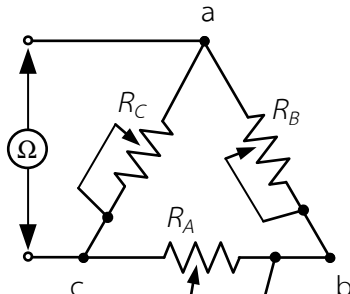
$$R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = \frac{\sum R_Y}{R_3}$$

$$= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

1.4 ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 3 ตัว ปรับให้มีค่าเท่ากับ R_A , R_B และ R_C ที่คำนวณได้จากข้อ 1.3 โดยใช้ไข่มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ ทำหน้าที่วัดตรวจสอบค่าให้ถูกต้อง และนำมาต่อวงจรแบบเดลตาตามรูปที่ 8.7 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด a และ c บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.1



ก) แสดงเป็นรูปเสมือน



ข) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์

รูปที่ 8.7 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรการทดลองต่อตัวต้านทานแบบเดลตา

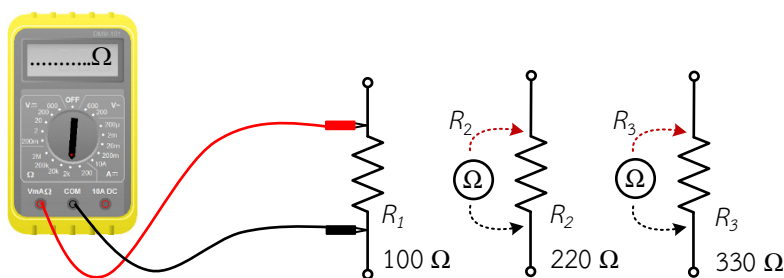
	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

ตารางที่ 8.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_{ac} (แบบ Y)	หน่วย
การวัด					Ω
ผลการทดลองจาก	R_A	R_B	R_C	R_{ac} (แบบ Δ)	หน่วย
การคำนวณ				-	Ω
การวัด					Ω

การทดลองที่ 1.2 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ให้เป็นแบบวาย
ลำดับขั้นตอนการทดลอง

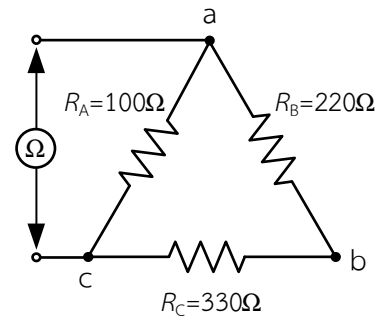
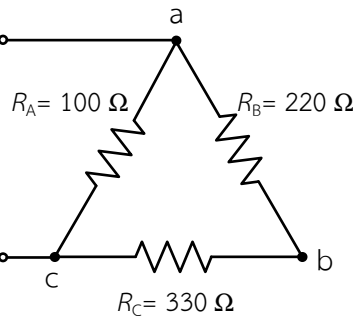
2.1 ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของแต่ละตัวตามรูปที่ 8.8 บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.2



รูปที่ 8.8 วัดค่าความต้านทานแต่ละตัว

2.2 ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 8.9 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด a และ c บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.2

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง



ก) แสดงเป็นรูปเสมือน

ข) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์

รูปที่ 8.9 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรการทดลองต่อตัวต้านทานแบบเดลตา

2.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบเดลตา เป็นแบบวาย โดยนำค่าที่วัดได้จากข้อ 2.1 แทนในสมการที่ให้มา นำค่าที่คำนวณได้บันทึกลงในตารางที่ 8.2

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\sum R_{\Delta}}$$

$$= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\sum R_{\Delta}}$$

$$= \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots \Omega$$

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง

ข้อควรระวัง

1. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดค่าความต้านทาน ต้องใช้ย่านวัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับค่าที่ต้องการวัด
2. ในการวัดทุกครั้ง ไม่ควรสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของสายวัด เพราะจะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนสูง
3. ในการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ เมื่อทำการปรับ วัดค่าจนได้ค่าที่ต้องการแล้วระวังอย่าให้เกิดการหมุนของแกนปรับจะทำให้ค่าคลาดเคลื่อนได้

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 8.1 ค่าความต้านทานรวมของการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายน (Y) ไปเป็นแบบเดลตา (Δ) มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะอะไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

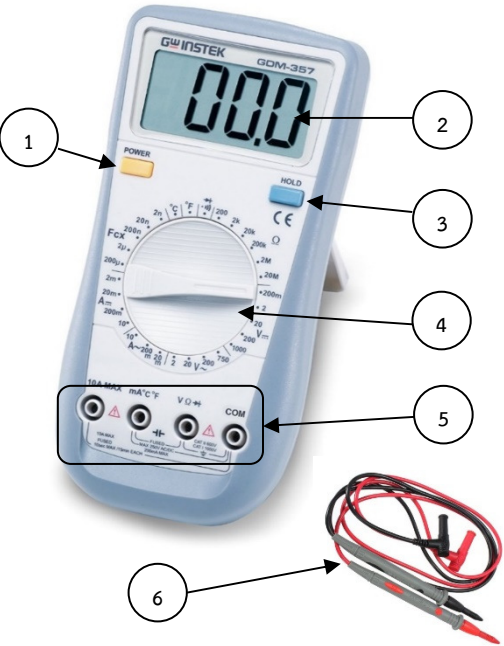
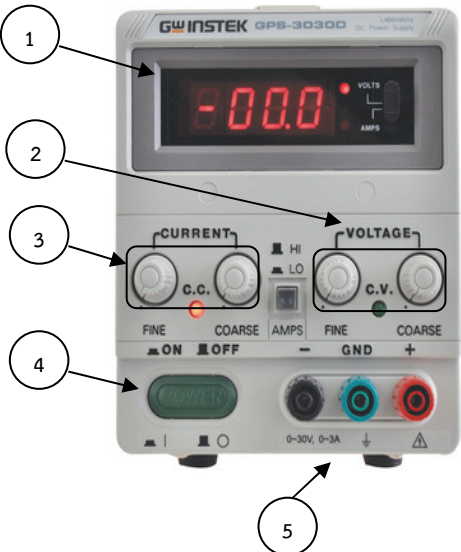
.....

	ใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	ชั่วโมง
2. จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 8.2 ค่าความต้านทานรวมของการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบววน (Δ) ไปเป็นแบบเดลตา (Y) มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะอะไร 		

	ใบงานที่ 8		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา		จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา		

ใบตรวจสอบสภาพเครื่องมือ

ชื่อ-สกุล.....ชั้น ปวช 1. กลุ่ม.....เลขที่

ข้อมูลมัลติมิเตอร์ ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ.....รุ่น.....						รูปภาพดิจิตอลมัลติมิเตอร์	
ตำแหน่ง	รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน			
		ดี	เสีย	ดี	เสีย		
1	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง						
2	จอแสดงผล						
3	ปุ่มลือคค่า						
4	สวิตช์เลือกย่านวัด						
5	ขั้วเสียบสายวัด						
6	สายวัด						
สรุปการตรวจสอบสภาพมัลติมิเตอร์ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้						รูปภาพแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC)	
ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟ DC ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ.....รุ่น.....							
ตำแหน่ง	รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน			
		ดี	เสีย	ดี	เสีย		
1	จอแสดงผล						
2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน						
3	ชุดปุ่มปรับกระแส						
4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง						
5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ						
สรุปการตรวจสอบสภาพแหล่งจ่ายไฟ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้							

	ใบประเมินผลใบงานที่ 8		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา		คะแนนเต็ม
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา		90 คะแนน

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนน เต็ม	คะแนน ที่ได้	หมายเหตุ
1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
2. การทดลอง			
2.1 การทดลองที่ 1 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบ วาย ให้เป็นแบบเดลตา			
2.1.2 วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว	5		
2.1.2 ต่อวงจรตามรูปที่ 8.6 วัดค่าความต้านทานรวม	5		
2.1.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบวายเป็นแบบเดลตา	5		
2.1.4 ปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ 3 ตัว ประกอบวงจรตามรูปที่ 8.7 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบเดลตา	15		
2.2 การทดลองที่ 2 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบ เดลตา ให้เป็นแบบวาย			
2.2.1 วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว	5		
2.2.2 ต่อวงจรตามรูปที่ 8.9 วัดค่าความต้านทานรวม	5		
2.2.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบเดลตาเป็นแบบวาย	5		
2.2.4 ปรับค่าตัวต้านทานปรับค่าได้ 3 ตัว ประกอบวงจรตามรูปที่ 8.10 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแบบเดลตา	15		
4. สรุปผลการทดลอง	10		
5. ตอบคำถามท้ายการทดลอง	10		
6. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
รวมคะแนน	90		

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	คะแนนเต็ม
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	90 คะแนน
รายการประเมินผล 1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน 1.1 เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน 1.2 เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ไม่ครบ ตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน 2. การทดลอง 2.1 การทดลองที่ 1 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ให้เป็นแบบเดลตา 2.1.1 ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 8.5 บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2.5 คะแนน 2.1.2 ต่อดังวงจรการทดลองตามรูปที่ 8.6 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด A และ B บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2.5 คะแนน 2.1.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบวายเป็นแบบเดลตา โดยนำค่าที่วัดได้จากข้อ 1.1 แทนในสมการที่ให้มา นำค่าที่คำนวณได้บันทึกลงในตารางที่ 8.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 1.5 คะแนน 2.1.4 ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 3 ตัว ปรับให้มีค่าเท่ากับ R_A , R_B และ R_C ที่คำนวณได้จากข้อ 1.3 โดยใช้ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ ทำหน้าที่วัดตรวจสอบค่าให้ถูกต้อง และนำมาต่อดังวงจรแบบเดลตาตามรูปที่ 8.7 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด A และ B บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.1 คะแนนเต็ม 15 คะแนน ถูกต้องให้ 15 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 5 คะแนน 2.2 การทดลองที่ 2 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ให้เป็นแบบวาย 2.2.1 ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 8.8 บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.2 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2.5 คะแนน 2.2.2 ต่อดังวงจรการทดลองตามรูปที่ 8.9 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด A และ B บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.2 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2.5 คะแนน		

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	คะแนนเต็ม
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	90 คะแนน
2.2.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบเดลตา เป็นแบบวาย โดยนำค่าที่วัดได้จากข้อ 2.1 แทนในสมการที่ให้มา นำค่าที่คำนวณได้บันทึกลงในตารางที่ 8.2 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 1.5 คะแนน 2.2.4 ใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้ 3 ตัว ปรับให้มีค่าเท่ากับ R_A, R_B และ R_C ที่คำนวณได้จากข้อ 1.3 โดยใช้ไข้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ ทำหน้าที่วัดตรวจสอบค่าให้ถูกต้อง และนำมาต่อวงจรแบบเดลตาตามรูปที่ 8.10 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรที่จุด A และ B บันทึกค่าลงในตารางที่ 8.2 คะแนนเต็ม 15 คะแนน ถูกต้องให้ 15 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 5 คะแนน 3. สรุปผลการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน 4.1 สรุปผลการทดลองครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ 10 คะแนน 4.2 สรุปผลการทดลองไม่ครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตัดคะแนนข้อละ 3 คะแนน 4. ตอบคำถามท้ายการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน 6.1 ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกทุกข้อให้ 10 คะแนน 6.2 ตอบคำถามท้ายการทดลองผิด ตัดคะแนนข้อละ 5 คะแนน 5. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน 7.1 เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน 7.2 เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ไม่ครบ ตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน		



แบบทดสอบหลังเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

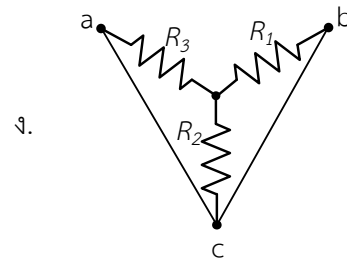
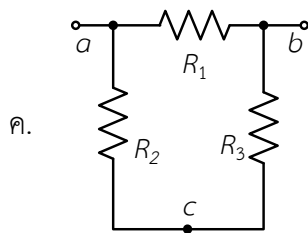
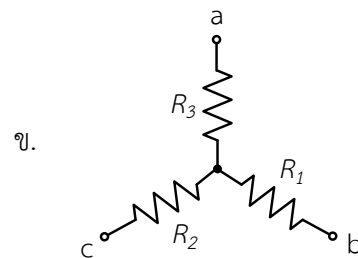
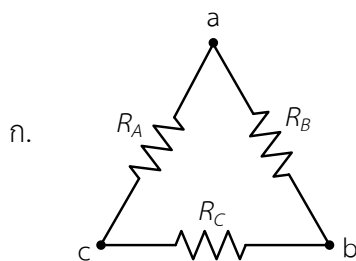
หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

คำชี้แจง

1. จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
2. แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 20 นาที

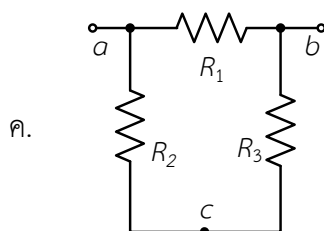
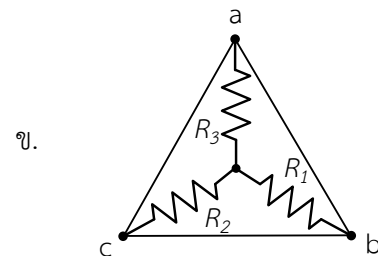
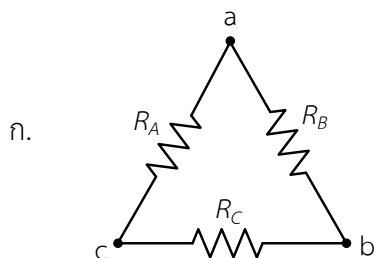
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบวายได้

1. รูปในข้อใดหมายถึงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y)



วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาได้

2. รูปในข้อใดหมายถึงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ)



- ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ค



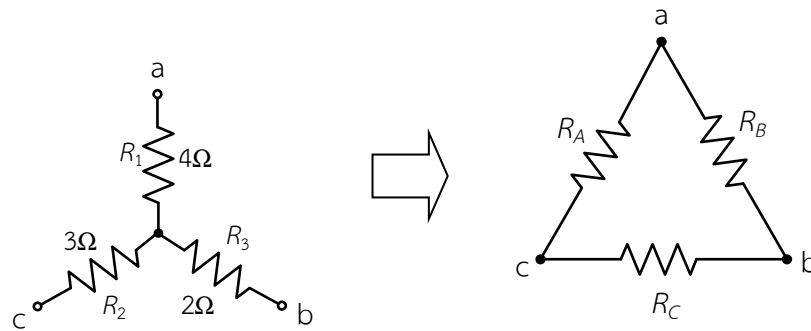
แบบทดสอบหลังเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ใช้ตอบคำถามข้อที่ 3-4



รูปที่ 8.1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 3-4

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้

3. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบเดลตา R_A มีค่าเท่ากับข้อใด

- ก. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = 22 \Omega$
- ข. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = 7.33 \Omega$
- ค. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = 11 \Omega$
- ง. $R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2} = 3.67 \Omega$

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้

4. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบเดลตา R_B มีค่าเท่ากับข้อใด

- ก. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = 22 \Omega$
- ข. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = 7.33 \Omega$
- ค. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = 11 \Omega$
- ง. $R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2} = 3.67 \Omega$

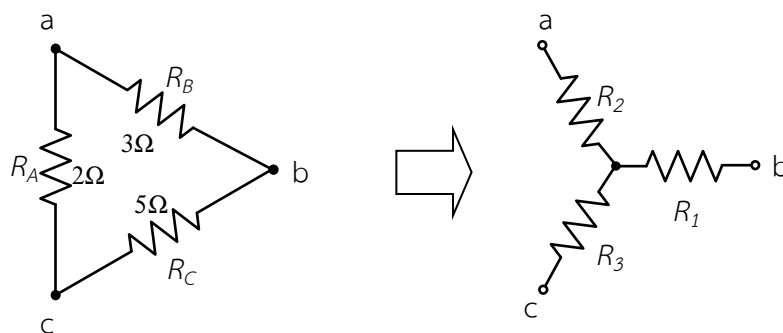
	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้

5. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบเดลตา R_C มีค่าเท่ากับข้อใด

$$\begin{aligned} \text{ก. } R_C &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = 22 \Omega \\ \text{ข. } R_C &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = 7.33 \Omega \\ \text{ค. } R_C &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = 11 \Omega \\ \text{ง. } R_C &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1 R_2} = 3.67 \Omega \end{aligned}$$

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ใช้ตอบคำถามข้อที่ 6-8



รูปที่ 8.2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 6-8

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้

6. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบวาย R_1 มีค่าเท่ากับข้อใด

$$\begin{aligned} \text{ก. } R_1 &= \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1 \Omega \\ \text{ข. } R_1 &= \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1.5 \Omega \\ \text{ค. } R_1 &= \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = 0.6 \Omega \\ \text{ง. } R_1 &= \frac{R_A R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 3 \Omega \end{aligned}$$

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้

7. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบวาย R_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1 \Omega$

ข. $R_2 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1.5 \Omega$

ค. $R_2 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = 0.6 \Omega$

ง. $R_2 = \frac{R_A R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 3 \Omega$

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้

8. จากรูปต้องการแปลงการต่อตัวต้านทานเป็นแบบวาย R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. $R_3 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1 \Omega$

ข. $R_3 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 1.5 \Omega$

ค. $R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = 0.6 \Omega$

ง. $R_3 = \frac{R_A R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = 3 \Omega$

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้

9. จากรูป ค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่าไร

รูปที่ 8.3 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 9



แบบทดสอบหลังเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

ก. $1.2 \, \Omega$

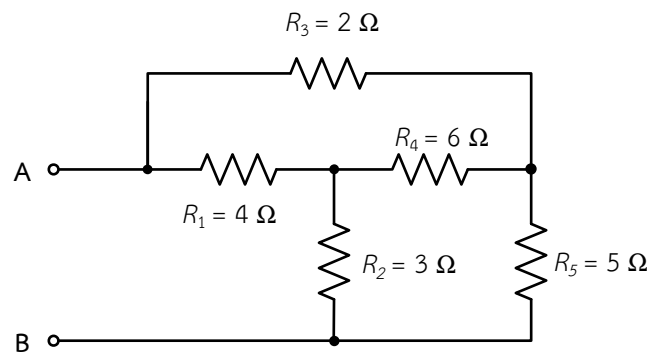
ข. $2 \, \Omega$

ค. $3 \, \Omega$

ง. $4 \, \Omega$

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้

10. จากรูป ค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B มีค่าเท่าไร



รูปที่ 8.4 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 10

ก. $3.39 \, \Omega$

ข. $3.65 \, \Omega$

ค. $4.80 \, \Omega$

ง. $14.45 \, \Omega$

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ - สกุล เลขที่ ชั้น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

สรุปผล

เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

ทำแบบทดสอบได้ 9 – 10 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดีมาก
ทำแบบทดสอบได้ 7 – 8 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ดี
ทำแบบทดสอบได้ 5 – 6 คะแนน	ระดับคุณภาพ	พอใช้
ทำแบบทดสอบได้ 0 – 4 คะแนน	ระดับคุณภาพ	ปรับปรุง

	ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม		
	รหัส 2104-2002	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา		4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้			หมายเหตุ
คุณธรรม จริยธรรม	30	1	2	3	
1. ความรับผิดชอบ : มีอุปกรณ์การเรียนครบถ้วน ส่งงานครบ	3				
2. ความมีวินัย : ปฏิบัติตามกฎระเบียบ แต่งกายเรียบร้อย	3				
3. การตรงต่อเวลา : เข้าเรียนตรงเวลา ทำงานส่งตามกำหนด	3				
4. ความมีมนุษยสัมพันธ์ : มีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น	3				
5. ความรู้ทักษะและวิชาชีพ : ปฏิบัติงานได้	3				
6. ความสนใจใฝ่หาความรู้ : ขยันและสนใจในการเรียน	3				
7. ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ : ทำความเข้าใจก่อนปฏิบัติ	3				
8. ทำตามลำดับขั้น : ทำตามลำดับขั้นตอนความสำคัญ	3				
9. ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด : แก้ปัญหาด้วยความ ความเรียบง่ายและประหยัด	3				
10.การมีส่วนร่วม : มีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม	3				
รวมคะแนน	30				

หมายเหตุ การประเมินสามารถทำได้ทีละข้อหรือหลายข้อและทำได้ทั้งขณะก่อนหรือระหว่าง หรือหลังเรียน
เกณฑ์การประเมิน

- 1 หมายถึง ต้องปรับปรุง
- 2 หมายถึง พอใช้
- 3 หมายถึง ดี

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

...../...../.....

	เอกสารอ้างอิง	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	4 ชั่วโมง
กิตติกร ชันแก้ว. (2556). ทฤษฎีและการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พรีนติ้ง เฮ้าส์. ซัด อินทะสี. (2540). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพรีนติ้ง. চারঙ্গী ภูมิคุ้ม. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. บรรจง จันทมาศ. (2557). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. พิมพ์ครั้งที่ 23. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์. ไมตรี วรวิจิตรยากุล. (2553). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุงใหม่). พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพรส. วิโรจน์ รัตนวิจารณ์. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ส.เต็มรักการพิมพ์. ไวพจน์ ศรีธัญ และคณิศร จันทโรสดา. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เอสเคเอส อินเตอร์ การพิมพ์ ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. Charles K. Alexander, Matthew N.O. Sadiku. (2004). Fundamentals of Electric Circuits. Second Edition. Singapore : McGraw-Hill. Tony R. Kuphaldt. Lessons In Electric Circuits, Volume I-DC. [online]. Available from : http://www.openbookproject.net//electricCircuits/DC/DC.pdf (12 Mar 2016).		

ภาคผนวก

เฉลยแบบฝึกหัด

เฉลยใบงาน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

ใบสรุปการประเมินผล

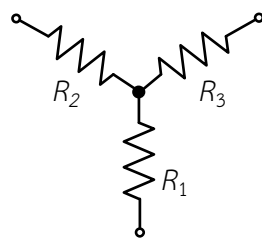
สื่อ Power Point

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

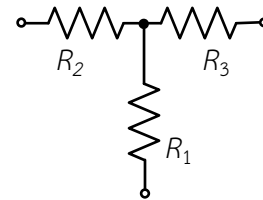
ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. จงอธิบายการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) มาพอเข้าใจ

เป็นการนำตัวต้านทาน 3 ตัวมาต่อปลายรวมเข้าด้วยกันหนึ่งจุด ส่วนปลายอีกด้านของแต่ละตัวจะปล่อยไว้เป็น 3 จุด เพื่อจะได้นำไปต่อกับวงจรไฟฟ้าอื่นต่อไป เรียกรูปแบบการต่อตัวต้านทานแบบนี้ว่าแบบวาย หรือ อาจเรียกว่าแบบสตาร์ (Star: Y) หรือแบบ ที (Tee: T) ดังรูป



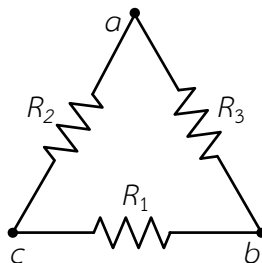
ก) ตัวต้านทานต่อแบบสตาร์หรือแบบวาย (Y)



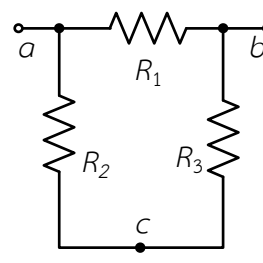
ข) ตัวต้านทานต่อแบบที (T)

2. จงอธิบายการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) มาพอเข้าใจ

เป็นการนำตัวต้านทาน 3 ตัวมาต่อกันในลักษณะต่อเรียงกันไป แล้วปลายของตัวต้านทานตัวสุดท้ายจะมาต่อกับจุดเริ่มต้นของตัวแรก ทำให้มีจุดต่อทั้งหมด 3 จุด การจัดวางสามารถทำได้คล้ายกับสามเหลี่ยม หรืออย่างอื่นก็ได้ นิยมเรียกการต่อตัวต้านทานแบบนี้ว่า การต่อแบบเดลตา (Δ) หรือการต่อ แบบไพ (π) ดังรูป



ก) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

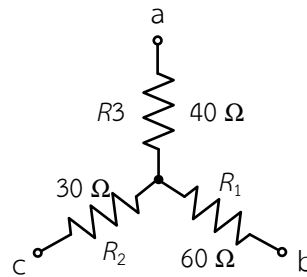


ข) ตัวต้านทานต่อแบบไพ (π)

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากรูป แปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ และเขียนรูปการต่อตัวต้านทานแบบ Δ



รูปที่ 8.15 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

วิธีทำ

หา $\sum R_Y$ จากสมการ

$$\begin{aligned}
 \sum R_Y &= R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 \\
 &= (60\ \Omega \times 30\ \Omega) + (30\ \Omega \times 40\ \Omega) + (40\ \Omega \times 60\ \Omega) \\
 &= (1800\ \Omega^2) + (1200\ \Omega^2) + (2400\ \Omega^2) \\
 \sum R_Y &= 5400\ \Omega^2
 \end{aligned}$$

หา R_A จากสมการ

$$\begin{aligned}
 R_A &= \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1} \\
 &= \frac{5400\ \Omega^2}{60\ \Omega} \\
 R_A &= 90\ \Omega
 \end{aligned}$$

หา R_B จากสมการ

$$\begin{aligned}
 R_B &= \frac{\sum R_Y}{R_2} \\
 &= \frac{5400\ \Omega^2}{30\ \Omega}
 \end{aligned}$$



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จำนวน 4 ชั่วโมง

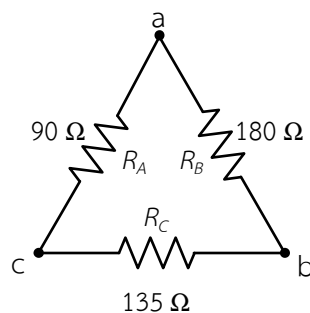
$$R_B = 180\Omega$$

หา R_C จากสมการ

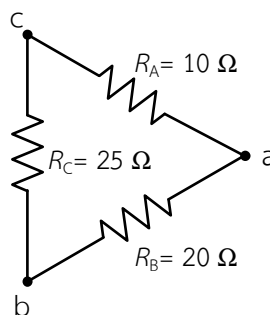
$$\begin{aligned} R_C &= \frac{\sum R_Y}{R_3} \\ &= \frac{5400\Omega^2}{40\Omega} \end{aligned}$$

$$R_C = 135\Omega$$

$\therefore$ เขียนการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ได้ดังรูป



2. จากรูป แปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ให้เป็นรูปแบบ Y และเขียนรูปการต่อตัวต้านทานแบบ Y



รูปที่ 8.16 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

วิธีทำ

หา R_C จากสมการ

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}\Sigma R_{\Delta} &= R_A + R_B + R_C \\ &= 10\Omega + 20\Omega + 25\Omega \\ \Sigma R_{\Delta} &= 55\Omega\end{aligned}$$

หา R_1 จากสมการ

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{20\Omega \times 25\Omega}{55\Omega} \\ R_1 &= 9.09\Omega\end{aligned}$$

หา R_2 จากสมการ

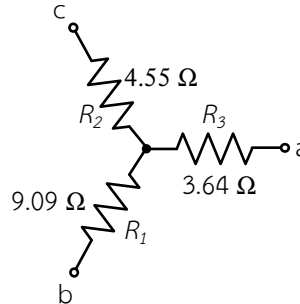
$$\begin{aligned}R_2 &= \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{10\Omega \times 25\Omega}{55\Omega} \\ R_2 &= 4.55\Omega\end{aligned}$$

หา R_3 จากสมการ

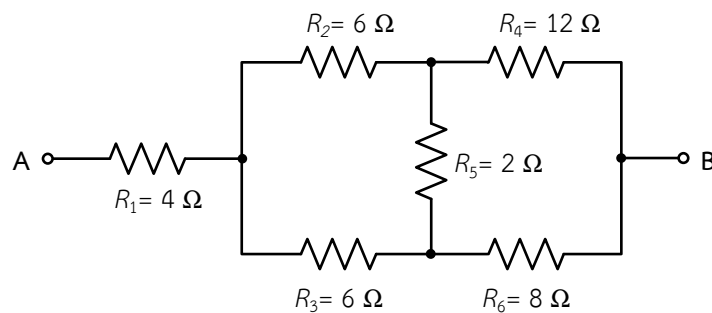
$$\begin{aligned}R_3 &= \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_B}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{10\Omega \times 20\Omega}{55\Omega} \\ R_3 &= 3.64\Omega\end{aligned}$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

∴ เขียนการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ได้ดังรูป

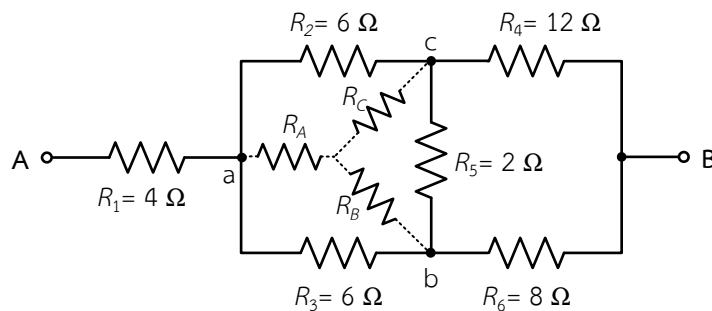


3. จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่าความต้านทานรวมระหว่างจุด A และ B โดยใช้การแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ให้เป็นรูปแบบ Y ช่วยในการคำนวณ



รูปที่ 8.17 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

วิธีทำ จากรูปแสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y จะได้



หา $\sum R_{\Delta}$ จากสมการ

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}\Sigma R_{\Delta} &= R_2 + R_3 + R_5 \\ &= 6\Omega + 6\Omega + 2\Omega \\ \Sigma R_{\Delta} &= 14\Omega\end{aligned}$$

หา R_A จากสมการ

$$\begin{aligned}R_A &= \frac{R_2 R_3}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{6\Omega \times 6\Omega}{14\Omega} \\ R_A &= 2.57\Omega\end{aligned}$$

หา R_B จากสมการ

$$\begin{aligned}R_B &= \frac{R_3 R_5}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{6\Omega \times 2\Omega}{14\Omega} \\ R_B &= 0.86\Omega\end{aligned}$$

หา R_C จากสมการ

$$\begin{aligned}R_C &= \frac{R_2 R_5}{\Sigma R_{\Delta}} \\ &= \frac{6\Omega \times 2\Omega}{14\Omega} \\ R_C &= 0.86\Omega\end{aligned}$$

นำ R_A , R_B และ R_C มาต่อแบบ Y ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น



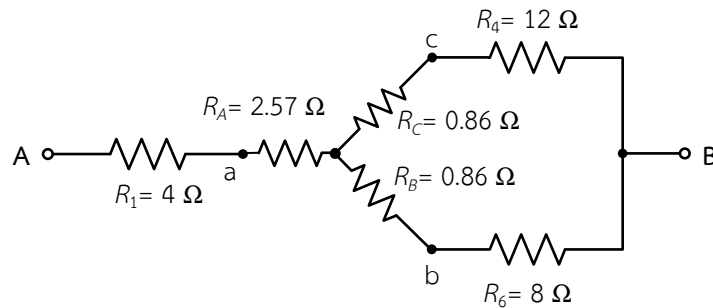
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จำนวน 4 ชั่วโมง



จากรูป จะหาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= (R_C + R_4) // (R_B + R_6) = \frac{(R_C + R_4) \times (R_B + R_6)}{(R_C + R_4) + (R_B + R_6)} \\
 &= \frac{(0.86 \Omega + 12 \Omega) \times (0.86 \Omega + 8 \Omega)}{(0.86 \Omega + 12 \Omega) + (0.86 \Omega + 8 \Omega)} \\
 &= \frac{12.86 \Omega \times 8.86 \Omega}{12.86 \Omega + 8.86 \Omega} \\
 &= \frac{113.9396 \Omega^2}{21.72 \Omega} \\
 R_{T1} &= 5.25 \Omega \\
 R_T &= R_1 + R_A + R_{T1} \\
 &= 4 \Omega + 2.57 \Omega + 5.25 \Omega \\
 &= 11.82 \Omega \\
 \therefore R_T &= 11.82 \text{ โอห์ม}
 \end{aligned}$$

4. จากวงจรในรูป จงหาค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B โดยใช้รูปแบบการแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ช่วยในการคำนวณ



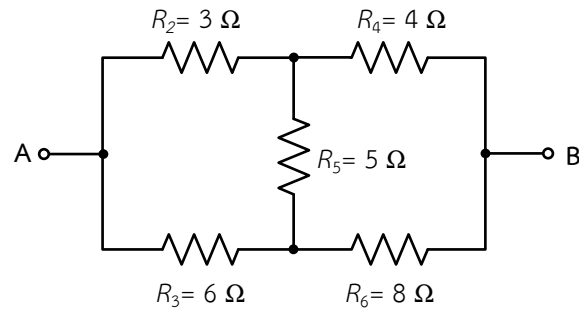
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

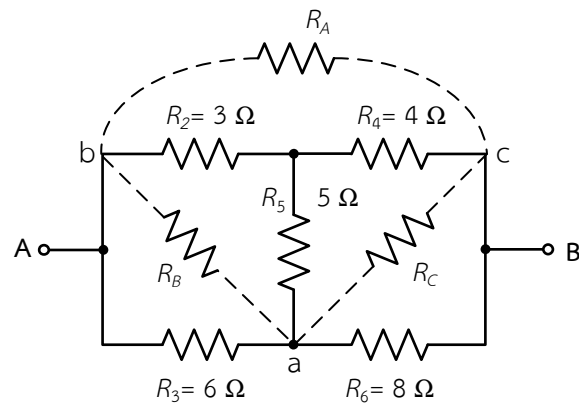
หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 8.18 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

วิธีทำ แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Y เป็น Δ จะได้



หา $\sum R_Y$ จากสมการ

$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_2 R_4 + R_4 R_5 + R_5 R_2 \\ &= (3\Omega \times 4\Omega) + (4\Omega \times 5\Omega) + (5\Omega \times 3\Omega) \\ &= (12\Omega^2) + (20\Omega^2) + (15\Omega^2)\end{aligned}$$

$$\sum R_Y = 47\Omega^2$$

หา R_A จากสมการ

$$\begin{aligned}R_A &= \frac{\sum R_Y}{R_5} \\ &= \frac{47\Omega^2}{5\Omega} \\ R_A &= 9.4\Omega\end{aligned}$$



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จำนวน 4 ชั่วโมง

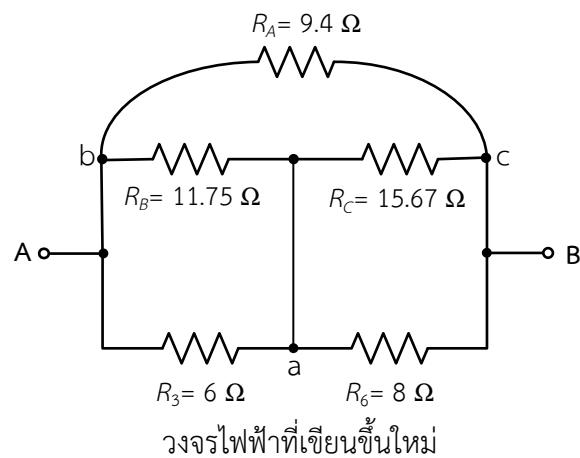
หา R_B จากสมการ

$$\begin{aligned} R_B &= \frac{\sum R_Y}{R_4} \\ &= \frac{47 \Omega^2}{4 \Omega} \\ R_B &= 11.75 \Omega \end{aligned}$$

หา R_C จากสมการ

$$\begin{aligned} R_C &= \frac{\sum R_Y}{R_2} \\ &= \frac{47 \Omega^2}{3 \Omega} \\ R_C &= 15.67 \Omega \end{aligned}$$

นำ R_A , R_B และ R_C มาต่อแบบ Δ ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น



จากรูป หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

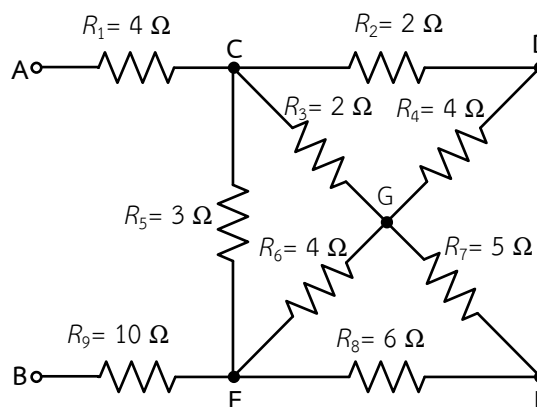
สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จำนวน 4 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= (R_B // R_3) + (R_C // R_6) = \frac{R_B R_3}{R_B + R_3} + \frac{R_C R_6}{R_C + R_6} \\
 &= \left(\frac{11.75 \Omega \times 6 \Omega}{11.75 \Omega + 6 \Omega} \right) + \left(\frac{15.67 \Omega \times 8 \Omega}{15.67 \Omega + 8 \Omega} \right) \\
 &= 3.97 \Omega + 5.3 \Omega \\
 &= 9.27 \Omega \\
 R_T &= R_{T1} // R_A = \frac{R_{T1} R_A}{R_{T1} + R_A} \\
 &= \frac{9.27 \Omega \times 9.4 \Omega}{9.27 \Omega + 9.4 \Omega} \\
 &= 4.67 \Omega \\
 \therefore R_T &= 4.67 \text{ โอห์ม}
 \end{aligned}$$

5. จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่าความต้านทานรวม ระหว่างจุด A และ B



รูปที่ 8.19 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

วิธีทำ แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y จะได้



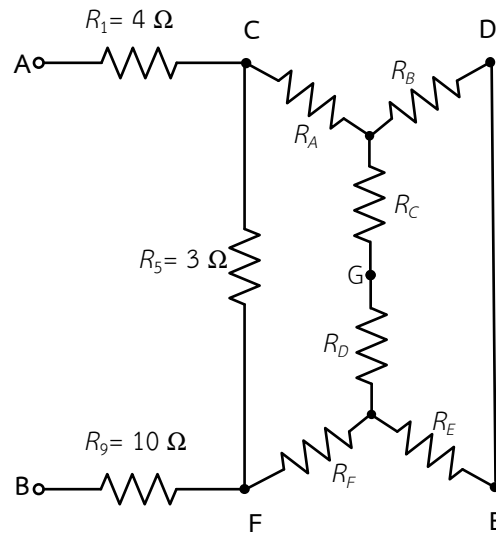
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 10

หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

จำนวน 4 ชั่วโมง



แปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y (สามเหลี่ยม CDG)

$$\begin{aligned} \text{หา } \sum R_{\Delta 1} \text{ จากสมการ} \\ \sum R_{\Delta 1} &= R_2 + R_3 + R_4 \\ &= 2\Omega + 2\Omega + 4\Omega \\ \sum R_{\Delta 1} &= 8\Omega \end{aligned}$$

หา R_A จากสมการ

$$\begin{aligned} R_A &= \frac{R_2 R_3}{\sum R_{\Delta 1}} \\ &= \frac{2\Omega \times 2\Omega}{8\Omega} \\ R_A &= 0.5\Omega \end{aligned}$$

หา R_B จากสมการ

$$R_B = \frac{R_2 R_4}{\sum R_{\Delta 1}}$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= \frac{2\Omega \times 4\Omega}{8\Omega}$$

$$R_B = 1\Omega$$

หา R_C จากสมการ

$$R_C = \frac{R_3 R_4}{\sum R_{\Delta_1}}$$

$$= \frac{2\Omega \times 4\Omega}{8\Omega}$$

$$R_C = 1\Omega$$

แปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y (สามเหลี่ยม GEF)

หา $\sum R_{\Delta_2}$ จากสมการ

$$\begin{aligned} \sum R_{\Delta_2} &= R_6 + R_7 + R_8 \\ &= 4\Omega + 5\Omega + 6\Omega \end{aligned}$$

$$\sum R_{\Delta_2} = 15\Omega$$

หา R_D จากสมการ

$$R_D = \frac{R_6 R_7}{\sum R_{\Delta_2}}$$

$$= \frac{4\Omega \times 5\Omega}{15\Omega}$$

$$R_D = 1.33\Omega$$

หา R_E จากสมการ

$$R_E = \frac{R_7 R_8}{\sum R_{\Delta_2}}$$

$$= \frac{5\Omega \times 6\Omega}{15\Omega}$$

$$R_E = 2\Omega$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง

หา R_F จากสมการ

$$R_F = \frac{R_6 R_8}{\sum R_{\Delta 2}}$$

$$= \frac{4\Omega \times 6\Omega}{15\Omega}$$

$$R_F = 1.6\Omega$$

หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

$$R_{T1} = (R_C + R_D) // (R_B + R_E) = \frac{(R_C + R_D) \times (R_B + R_E)}{(R_C + R_D) + (R_B + R_E)}$$

$$= \frac{(1\Omega + 1.33\Omega) \times (1\Omega + 2\Omega)}{(1\Omega + 1.33\Omega) + (1\Omega + 2\Omega)}$$

$$= \frac{2.33\Omega \times 3\Omega}{2.33\Omega + 3\Omega}$$

$$R_{T1} = 1.31\Omega$$

$$R_{T2} = R_A + R_{T1} + R_F$$

$$= 0.5\Omega + 1.31\Omega + 1.6\Omega$$

$$R_{T2} = 3.43\Omega$$

$$R_{T3} = R_5 // R_{T2} = \frac{R_5 \times R_{T2}}{R_5 + R_{T2}}$$

$$= \frac{3\Omega \times 3.43\Omega}{3\Omega + 3.43\Omega}$$

$$= 1.6\Omega$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 ชั่วโมง
$ \begin{aligned} R_T &= R_1 + R_{T3} + R_9 \\ &= 4\Omega + 1.6\Omega + 10\Omega \\ &= 15.6\Omega \\ \therefore R_T &= 15.6 \text{ โอห์ม} \end{aligned} $		

	เฉลยใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

1. การทดลองที่ 1.1 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ให้เป็นแบบเดลตา

เฉลยลำดับขั้นตอนการทดลองข้อที่

1.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบวายเป็นแบบเดลตา โดยนำค่าที่วัดได้จากข้อ 1.1 แทนในสมการที่ให้มา นำค่าที่คำนวณได้บันทึกลงในตารางที่ 8.1

$$R_A = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1}$$
$$= \frac{(100\Omega \times 220\Omega) + (220\Omega \times 330\Omega) + (330\Omega \times 100\Omega)}{100\Omega} = 1,276\Omega$$
$$R_B = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_2} = \frac{\sum R_Y}{R_2}$$
$$= \frac{(100\Omega \times 220\Omega) + (220\Omega \times 330\Omega) + (330\Omega \times 100\Omega)}{220\Omega} = 580\Omega$$
$$R_C = \frac{R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1}{R_3} = \frac{\sum R_Y}{R_3}$$
$$= \frac{(100\Omega \times 220\Omega) + (220\Omega \times 330\Omega) + (330\Omega \times 100\Omega)}{330\Omega} = 386.67\Omega$$

ตารางที่ 8.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_T (แบบ Y)	หน่วย
การวัด	98	218	328	316	Ω
ผลการทดลองจาก	R_A	R_B	R_C	R_T (แบบ Δ)	หน่วย
การคำนวณ	1275.63	573.45	381.13	-	Ω
การวัด	1275	573	380	315.19	Ω

	เฉลยใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

การทดลองที่ 1.2 การทดลองการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ให้เป็นแบบวาย

เฉลยลำดับขั้นตอนการทดลองข้อที่

2.3 คำนวณค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบเดลตา เป็นแบบวาย โดยนำค่าที่วัดได้จากข้อ 2.1 แทนในสมการที่ให้มา นำค่าที่คำนวณได้บันทึกลงในตารางที่ 8.2

$$R_1 = \frac{R_B R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_B R_C}{\sum R_{\Delta}}$$
$$= \frac{218\Omega \times 328\Omega}{98\Omega + 218\Omega + 328\Omega} = 111.03.\Omega$$
$$R_2 = \frac{R_A R_C}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_C}{\sum R_{\Delta}}$$
$$= \frac{98\Omega \times 328\Omega}{98\Omega + 218\Omega + 328\Omega} = 49.91.\Omega$$
$$R_3 = \frac{R_A R_B}{R_A + R_B + R_C} = \frac{R_A R_B}{\sum R_{\Delta}}$$
$$= \frac{98\Omega \times 218\Omega}{98\Omega + 218\Omega + 328\Omega} = 33.17.\Omega$$

ตารางที่ 8.2 ตารางบันทึกผลการทดลอง

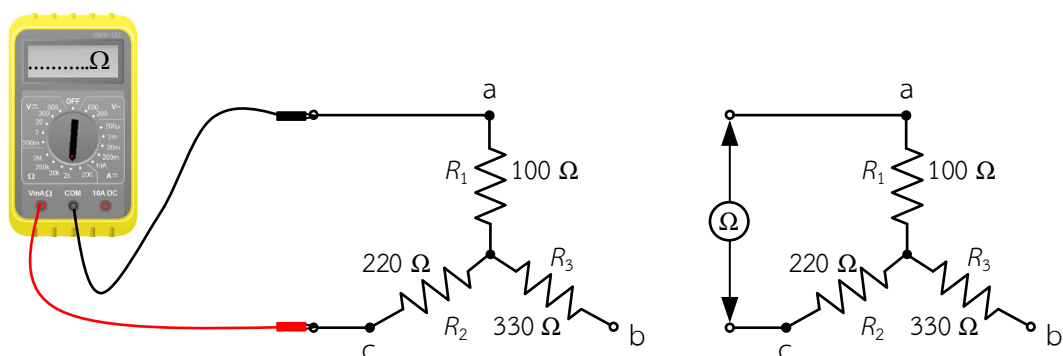
ผลการทดลองจาก	R_A	R_B	R_C	R_T (แบบ Δ)	หน่วย
การวัด	98	218	328	83.09	Ω
ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_T (แบบ Y)	หน่วย
การคำนวณ	111.03	49.91	33.17	-	Ω
การวัด	111	50	33	83	Ω

	เจเนียบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

สรุปผลการทดลอง

การต่อตัวต้านทานแบบวายและแบบเดลตาที่สำคัญคือการยึดจุดหลักในการต่อวงจร 3 จุด เมื่อทำการแปลงรูปแบบการต่อตัวต้านทาน อาจจะแปลงจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตา หรือจะแปลงจากแบบเดลตากลับไปเป็นแบบวาย เมื่อคำนวณค่าความต้านทานได้แล้วต้องประกอบเข้าที่จุดต่อหลัก เพราะว่าเวลาวัดค่าความต้านทานรวมจะได้ค่าที่เท่ากัน ทั้งก่อนแปลงวงจรการต่อตัวต้านทานและหลังแปลงการต่อตัวต้านทานแล้ว ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 8.11

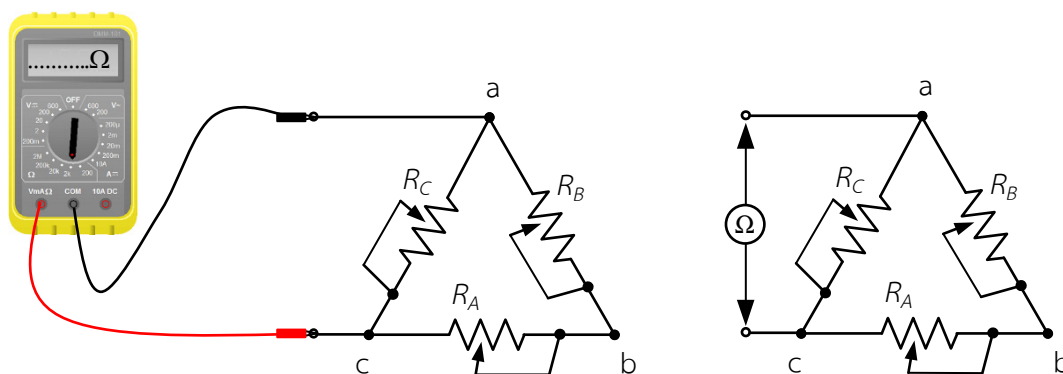
ก่อนแปลงการต่อตัวต้านทาน



ก) วัดค่าความต้านทานรวมแบบวายแสดงเป็นรูปเสมือน

ข) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์

หลังแปลงการต่อตัวต้านทาน



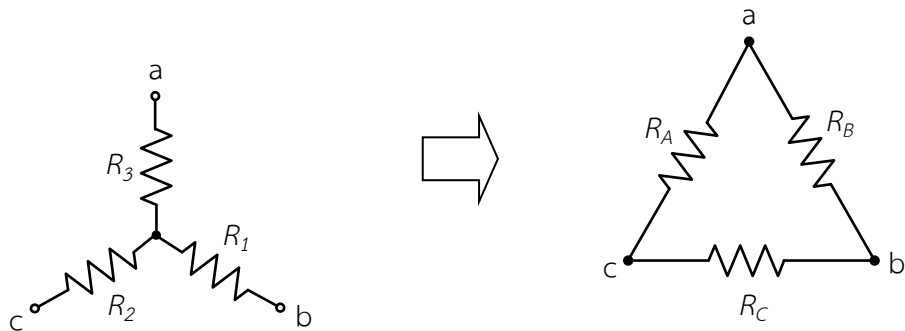
ค) วัดค่าความต้านทานรวมแบบเดลตาแสดงเป็นรูปเสมือน

ง) แสดงเป็นรูปสัญลักษณ์

รูปที่ 8.11 วัดค่าความต้านทานรวมของการทดลองแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายเป็นแบบเดลตา

	เฉลยใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ)



ก) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

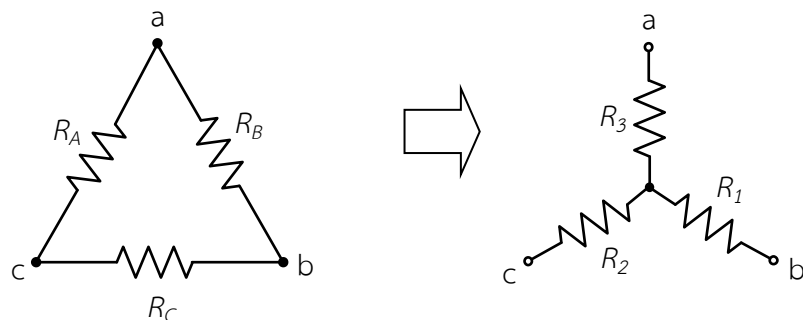
รูปที่ 8.12 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย ไปเป็นแบบเดลตา

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1}$$

$$R_B = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_2} = \frac{\sum R_Y}{R_2}$$

$$R_C = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_3} = \frac{\sum R_Y}{R_3}$$

การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)



ก) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบวาย (Y)

รูปที่ 8.13 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ให้เป็นแบบวาย

	เฉลยใบงานที่ 8	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	

คำถามท้ายการทดลอง

1. จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 8.1 ค่าความต้านทานรวมของการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบววน (Y) ไปเป็นแบบเดลตา (Δ) มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะอะไร

ค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบวายกับค่าความต้านทานรวมของการแปลงการต่อตัวต้านทานไปเป็นแบบเดลตา จะมีค่าเท่ากัน แต่จากการทดลองจะมีค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากการจะปรับค่าที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ให้มีค่าเท่ากับค่าตัวต้านทานที่ได้จากการคำนวณนั้นทำได้ยาก เพราะตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ที่นำมาใช้ในการทดลองไม่ได้เป็นแบบชนิดที่ปรับค่าได้ละเอียดมาก จึงทำให้ค่าที่ปรับได้ไม่เท่ากับที่คำนวณ เมื่อนำไปต่อตัวต้านทานในรูปแบบของเดลตา วัดค่าความต้านทานรวมได้น้อยกว่าการใช้ตัวต้านทานชนิดคงที่ต่อตัวต้านทานแบบวาย ดังผลการทดลองในตารางที่ 8.1

2. จากค่าที่วัดได้ในตารางที่ 8.2 ค่าความต้านทานรวมของการแปลงการต่อตัวต้านทานแบบววน (Δ) ไปเป็นแบบเดลตา (Y) มีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ เพราะอะไร

ค่าความต้านทานรวมของการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา กับค่าความต้านทานรวมของการแปลงการต่อตัวต้านทานไปเป็นแบบวาย จะมีค่าเท่ากัน แต่จากการทดลองจะมีค่าที่แตกต่างกันเล็กน้อย เนื่องจากการจะปรับค่าที่ตัวต้านทานปรับค่าได้ให้มีค่าเท่ากับค่าตัวต้านทานที่ได้จากการคำนวณนั้นทำได้ยาก เพราะตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ที่นำมาใช้ในการทดลองไม่ได้เป็นแบบชนิดที่ปรับค่าได้ละเอียดมาก จึงทำให้ค่าที่ปรับได้ไม่เท่ากับที่คำนวณ เมื่อนำไปต่อตัวต้านทานในรูปแบบของวาย วัดค่าความต้านทานรวมได้น้อยกว่าการใช้ตัวต้านทานชนิดคงที่ต่อตัวต้านทานแบบเดลตา ดังผลการทดลองในตารางที่ 8.2



ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน

รหัสวิชา 2104-2002 วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 10

ชื่อหน่วย : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา

จำนวน 10 ข้อ

ก่อนเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ก
2	ค
3	ข
4	ง
5	ข
6	ง
7	ก
8	ข
9	ก
10	ค

หลังเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ข
2	ง
3	ค
4	ข
5	ก
6	ข
7	ค
8	ก
9	ง
10	ก

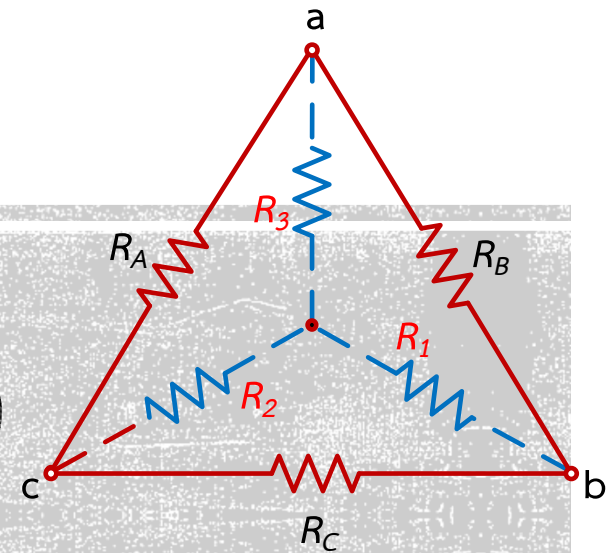
	ใบสรุปการประเมินผล	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 10
	หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	จำนวน 4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1. แบบทดสอบก่อนเรียน	10	
2. ใบแบบฝึกหัด	60	
3. ใบงาน	90	
4. แบบทดสอบหลังเรียน	10	
5. คุณธรรม จริยธรรม	30	
รวมคะแนน	200	

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน
(.....)
...../...../.....

หน่วยที่ 8 : การแปลงการต่อตัว ต้านทานแบบบวาย-เดลตา



วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัส 2104-2002

1

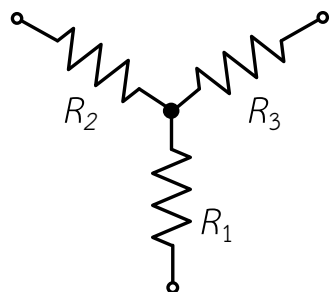
จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจลักษณะของการแปลงการต่อตัว
ต้านทานแบบวายและแบบเดลตา

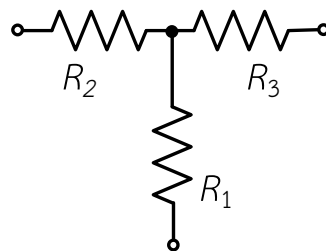
จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบวายได้
2. อธิบายการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาได้
3. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้
4. แปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้

การต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y)

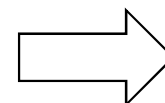


หรือ



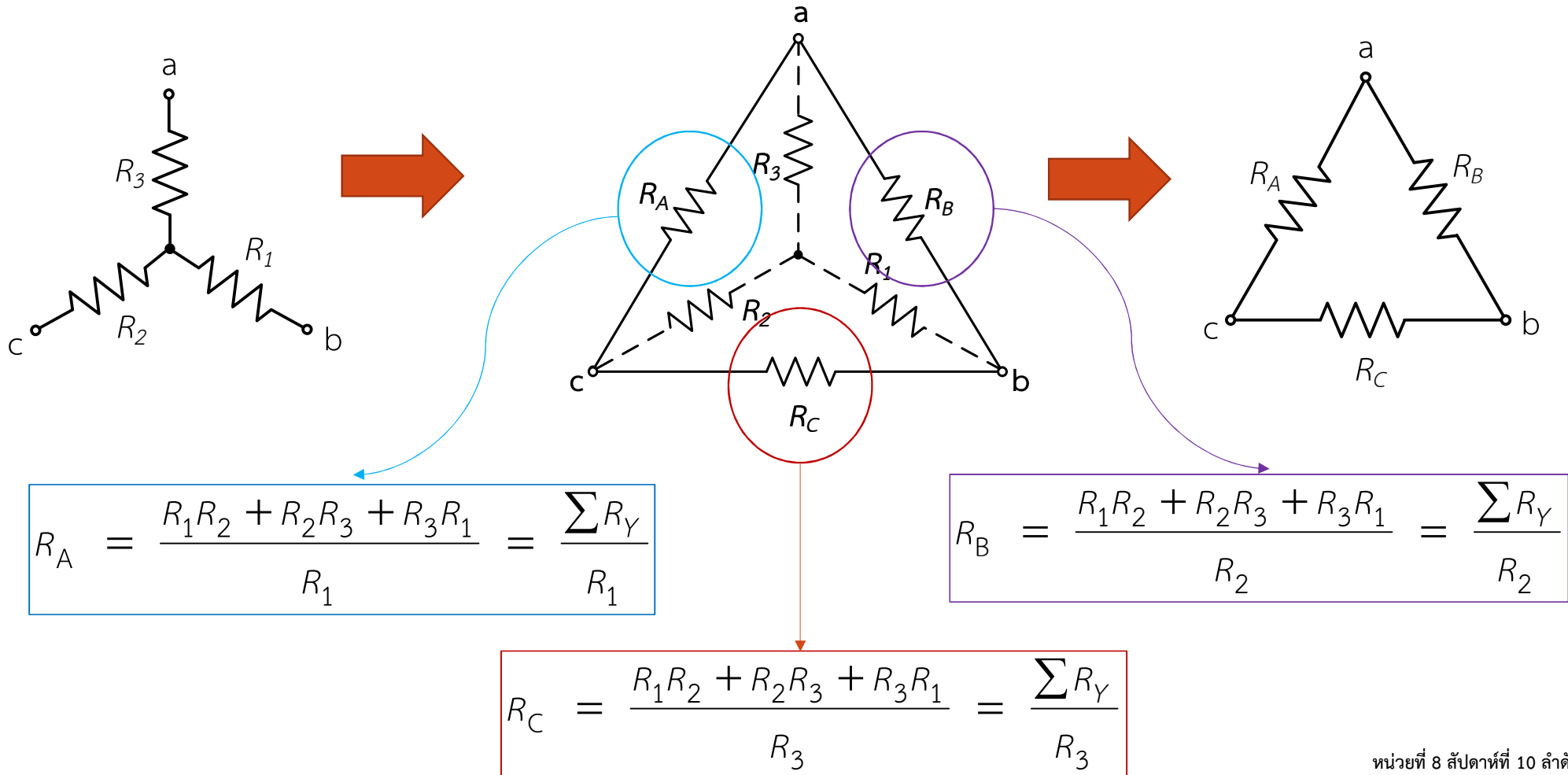
ก) ตัวต้านทานต่อแบบสตาร์หรือแบบวาย (Y)

ข) ตัวต้านทานต่อแบบที (T)



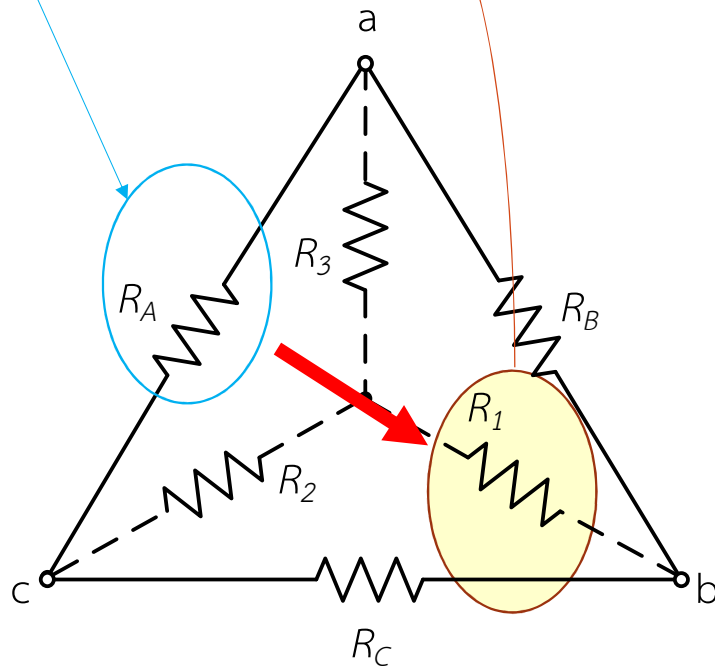
แบบวาย (Y)

8.1 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ)



8.1 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ) (ต่อ)

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1}$$



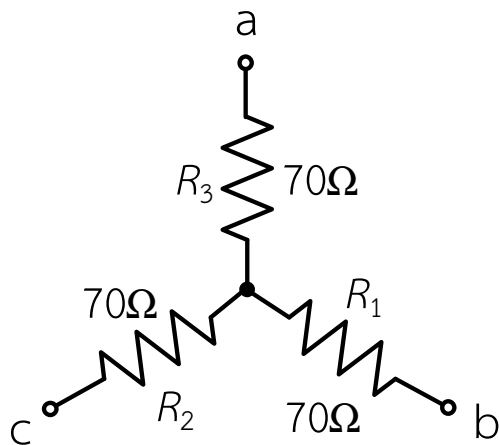
ข้อสังเกต

พบว่าตัวเศษ คือ $\sum R_Y = R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1$

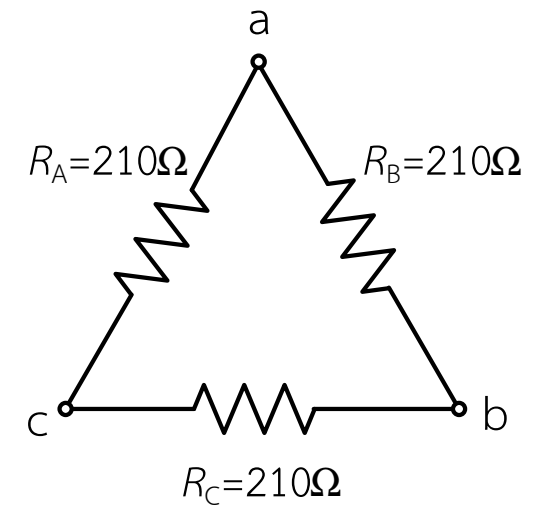
ตัวส่วน คือ R ที่อยู่ตรงกันข้ามกับ R ตัวใหม่ที่จะแปลงไปเป็นแบบเดลตา

8.1 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ) (ต่อ)

➡ กรณีที่ตัวต้านทานทั้ง 3 ตัว ต่อกันแบบ Y มีค่าเท่ากัน

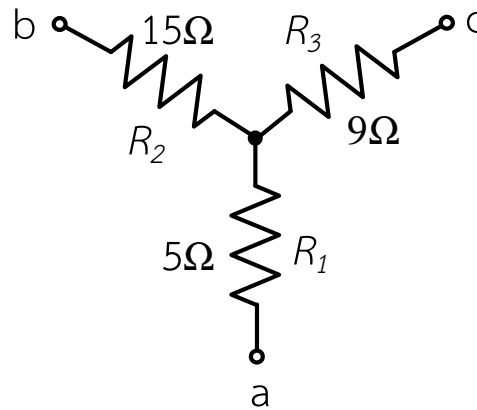


$$\begin{aligned} R_{\Delta} &= 3R_Y \\ &= 3 \times 70\Omega \\ &= 210\Omega \end{aligned}$$



R_Y หมายถึง ค่าตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ตัวที่ต่อในรูปแบบ Y

➡ ตัวอย่างที่ 8.2 จากรูป แปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ



รูปที่ 8.5 ตัวต้านทานรูปแบบ Y ตามตัวอย่างที่ 8.2

วิธีทำ จากสมการที่ 8.5 จะได้

$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_1R_2 + R_2R_3 + R_3R_1 \\ &= (5\Omega \times 15\Omega) + (15\Omega \times 9\Omega) + (9\Omega \times 5\Omega) \\ &= (75\Omega^2) + (135\Omega^2) + (45\Omega^2)\end{aligned}$$

$$\sum R_Y = 225\Omega^2$$

➡ จากสมการที่ 8.1 จะได้

$$R_A = \frac{R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1}{R_1} = \frac{\sum R_Y}{R_1}$$

$$= \frac{225 \Omega^2}{5 \Omega}$$

$$R_A = 45 \Omega$$

จากสมการที่ 8.2 จะได้

$$R_B = \frac{\sum R_Y}{R_2}$$

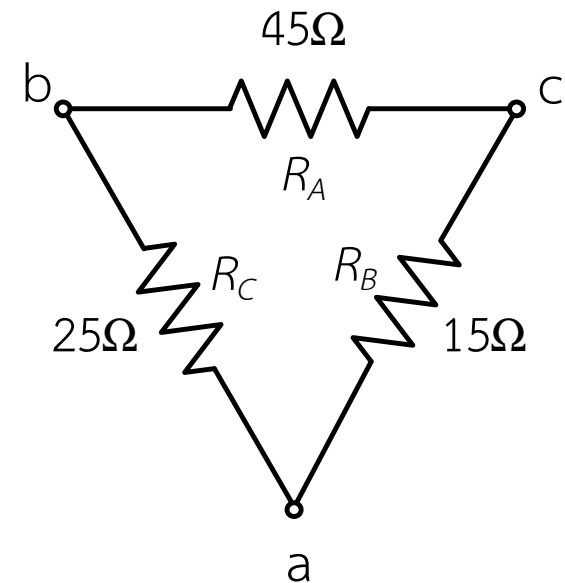
$$= \frac{225 \Omega^2}{15 \Omega}$$

$$R_B = 15 \Omega$$

จากสมการที่ 8.3 จะได้

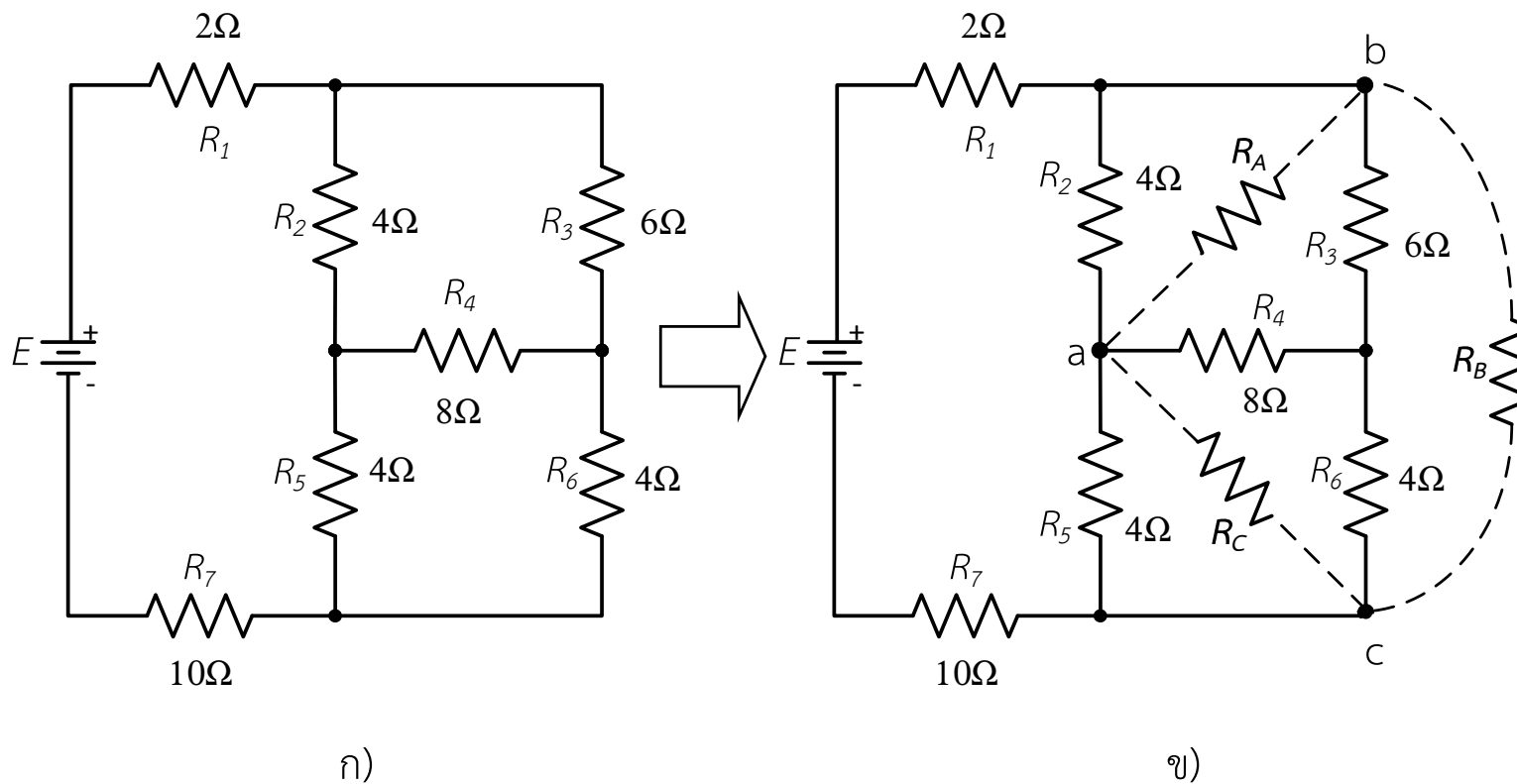
$$\begin{aligned} R_C &= \frac{\sum R_Y}{R_3} \\ &= \frac{225 \Omega^2}{9 \Omega} \\ R_C &= 25 \Omega \end{aligned}$$

∴ จะได้การต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ดังรูป



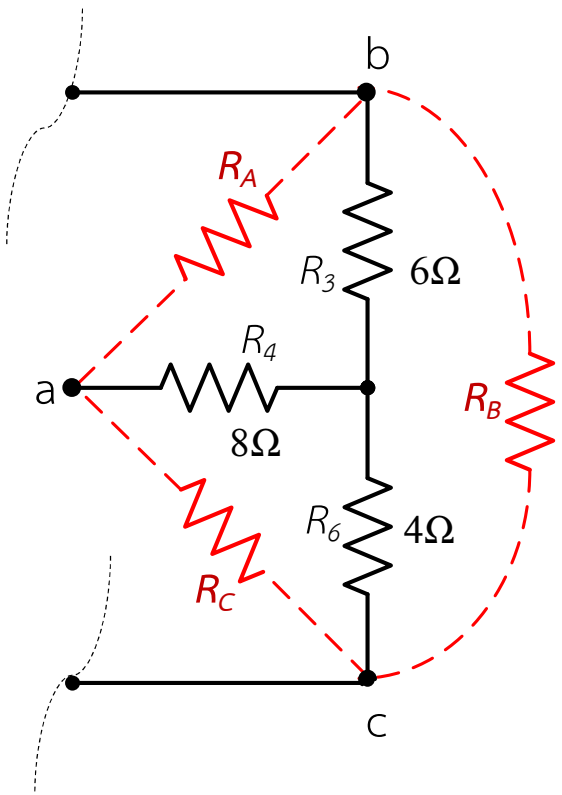
รูปที่ 8.6 ผลการแปลงตัวต้านทานรูปแบบ Y ให้เป็นรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.2

ตัวอย่างที่ 8.3 จากรูปที่ 8.7 ก) จงหาค่าความต้านทานรวมในวงจร



รูปที่ 8.7 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 8.3

➡ วิธีทำ จากรูปที่ 8.7 ข) แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Y เป็น Δ จะได้



$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_3 R_4 + R_4 R_6 + R_6 R_3 \\ &= (6\Omega \times 8\Omega) + (8\Omega \times 4\Omega) + (4\Omega \times 6\Omega) \\ &= (48\Omega^2) + (32\Omega^2) + (24\Omega^2) \\ \sum R_Y &= 104\Omega^2\end{aligned}$$

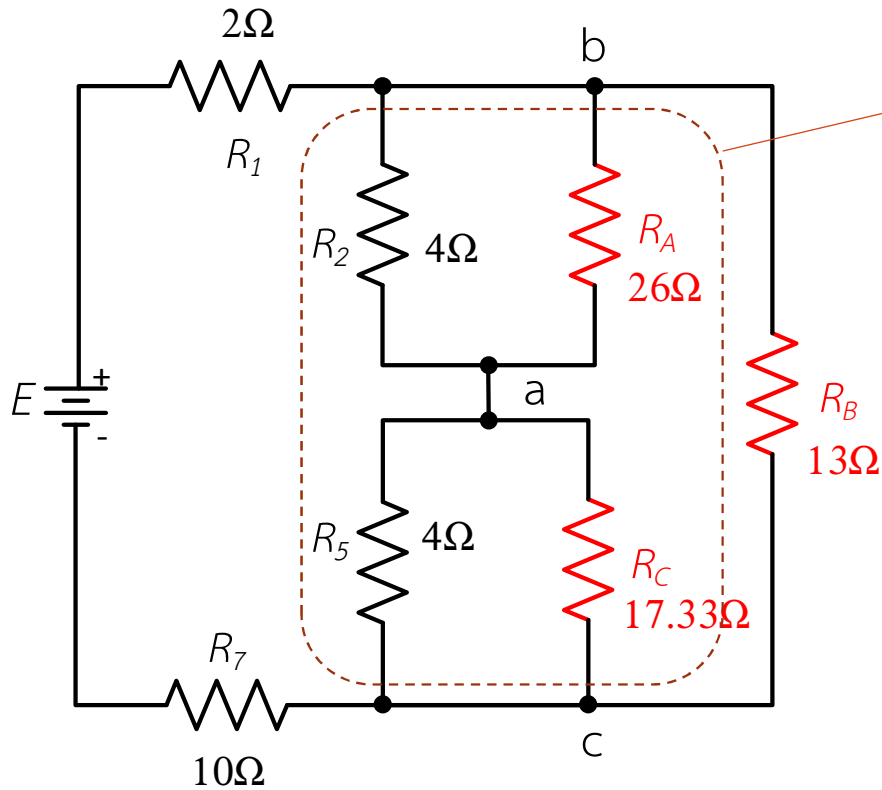
$$\begin{aligned}R_A &= \frac{\sum R_Y}{R_6} \\ &= \frac{104\Omega^2}{4\Omega} \\ R_A &= 26\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_B &= \frac{\sum R_Y}{R_4} \\ &= \frac{104\Omega^2}{8\Omega} \\ R_B &= 13\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_C &= \frac{\sum R_Y}{R_3} \\ &= \frac{104\Omega^2}{6\Omega} \\ R_C &= 17.33\Omega\end{aligned}$$



นำ R_A , R_B และ R_C มาต่อแบบ Δ ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น

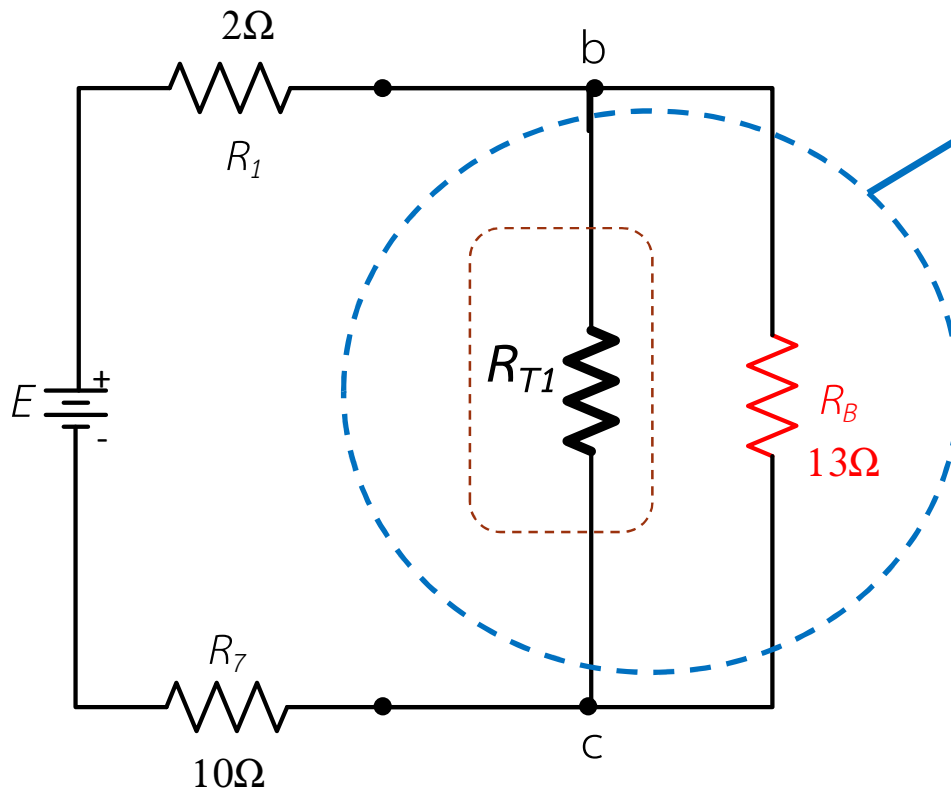


$$\begin{aligned} R_{T1} &= (R_2 // R_A) + (R_5 // R_C) \\ &= \frac{R_2 R_A}{R_2 + R_A} + \frac{R_5 R_C}{R_5 + R_C} \\ &= \left(\frac{4 \Omega \times 26 \Omega}{4 \Omega + 26 \Omega} \right) + \left(\frac{4 \Omega \times 17.33 \Omega}{4 \Omega + 17.33 \Omega} \right) \\ &= 3.47 \Omega + 3.25 \Omega \\ R_{T1} &= 6.72 \Omega \end{aligned}$$

รูปที่ 8.8 วงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นใหม่ ตามตัวอย่างที่ 8.3



นำ R_A , R_B และ R_C มาต่อแบบ Δ ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น



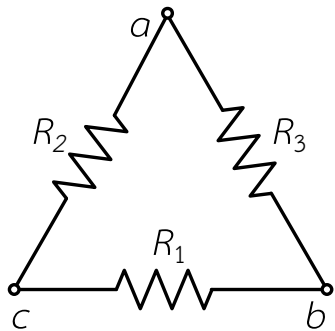
$$\begin{aligned} R_{T2} &= R_{T1} // R_B = \frac{R_{T1} R_B}{R_{T1} + R_B} \\ &= \frac{6.72 \Omega \times 13 \Omega}{6.72 \Omega + 13 \Omega} \\ R_{T2} &= 4.43 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_{T2} + R_7 \\ &= 2 \Omega + 4.43 \Omega + 10 \Omega = 16.43 \Omega \end{aligned}$$

รูปที่ 8.8 วงจรไฟฟ้าที่เขียนขึ้นใหม่ ตามตัวอย่างที่ 8.3

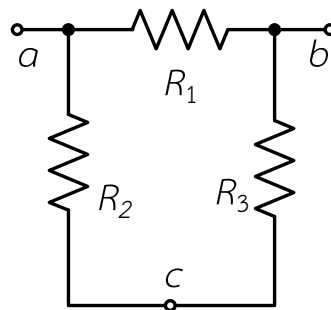
$$\therefore R_T = 16.43 \text{ โอห์ม}$$

การต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ)

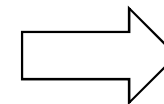


ค) ตัวต้านทานต่อแบบเดลตา (Δ)

หรือ



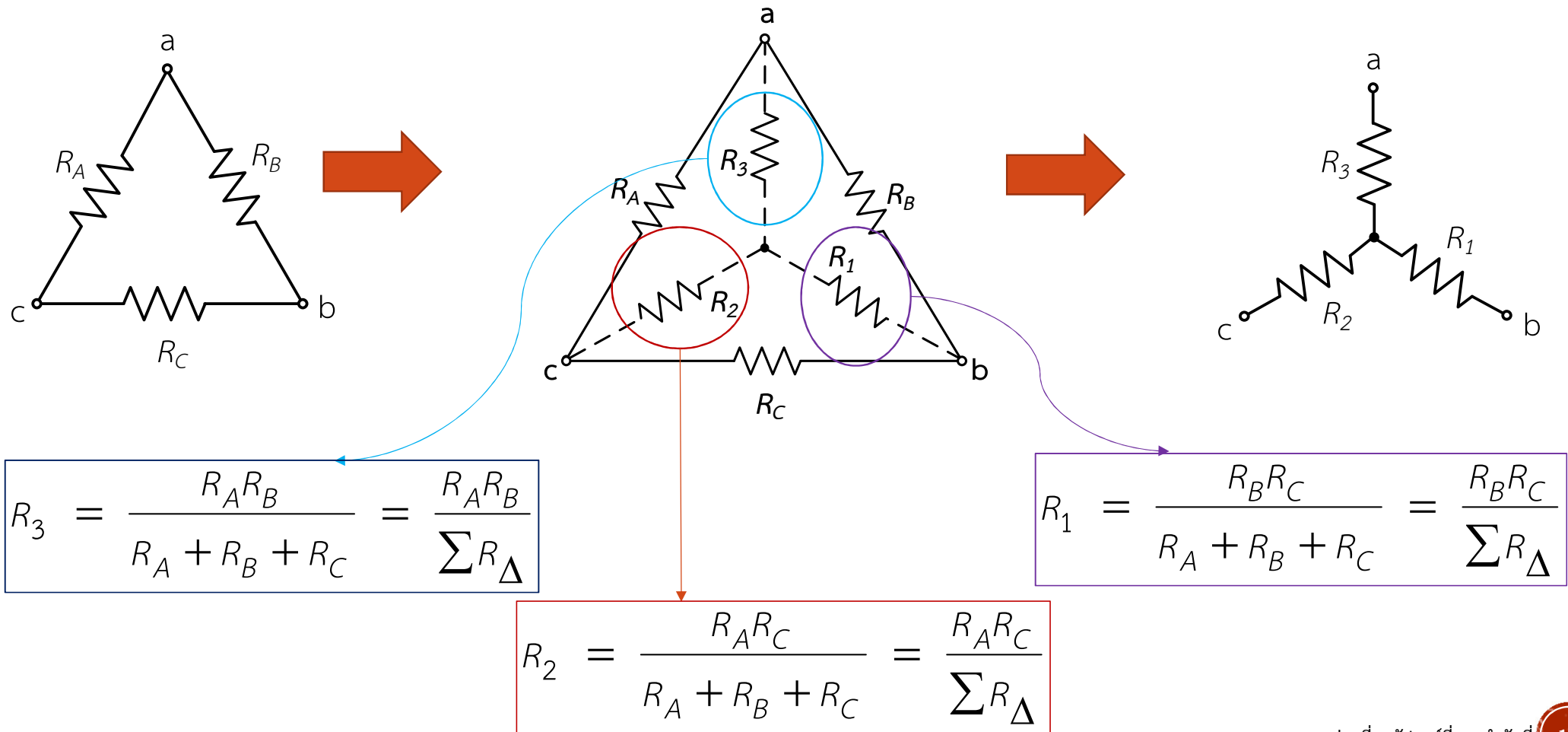
ง) ตัวต้านทานต่อแบบไพล์ (π)



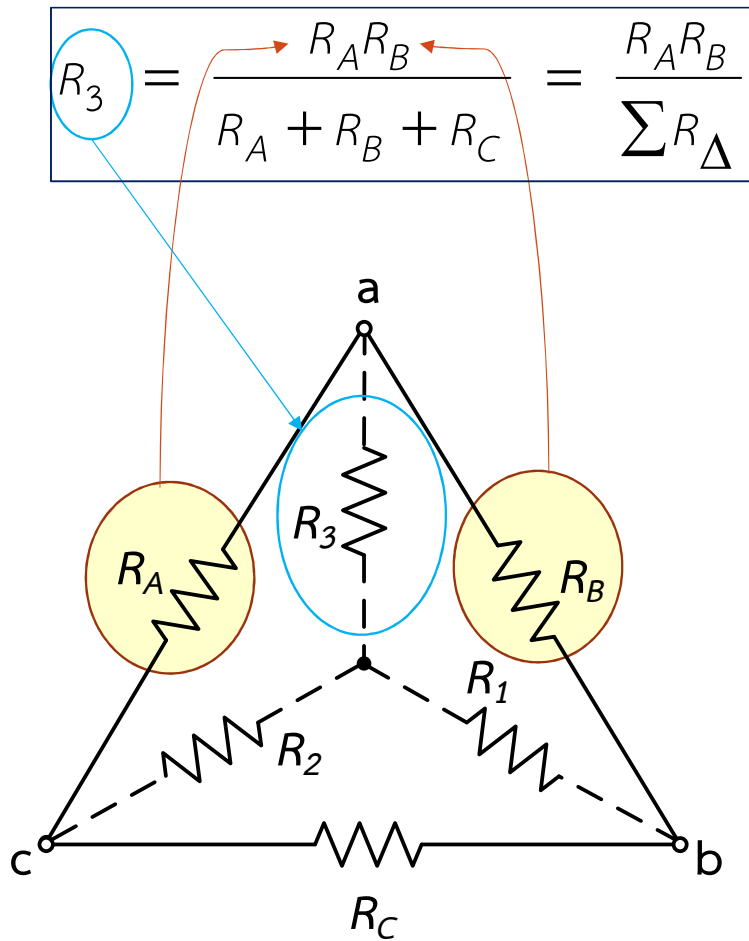
แบบเดลตา (Δ)

รูปที่ 8.1 การต่อตัวต้านทานแบบวายและเดลตา

8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)



8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y) (ต่อ)



ข้อสังเกต

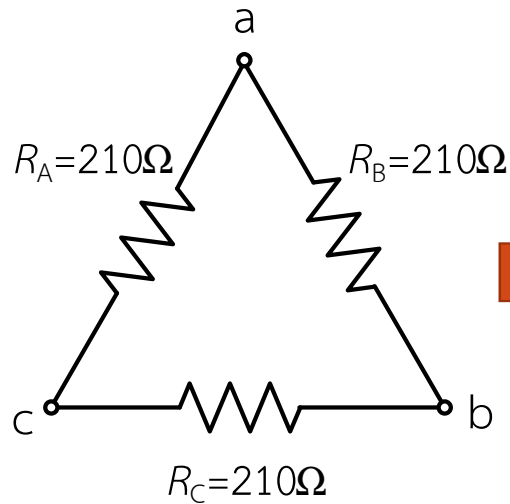
พบว่าตัวเศษ คือ ผลคูณของ R (แบบเดลตา)
ที่เป็นด้านประชิดมุม

ตัวส่วน คือ

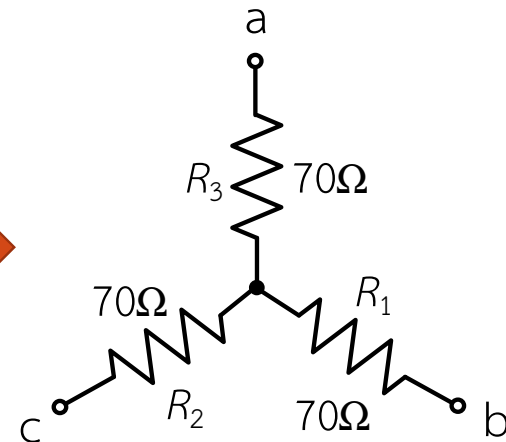
$$\sum R_{\Delta} = R_A + R_B + R_C$$

8.2 การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y) (ต่อ)

➔ กรณีที่ตัวต้านทานทั้ง 3 ตัว ต่อกัน แบบ Δ มีค่าเท่ากัน

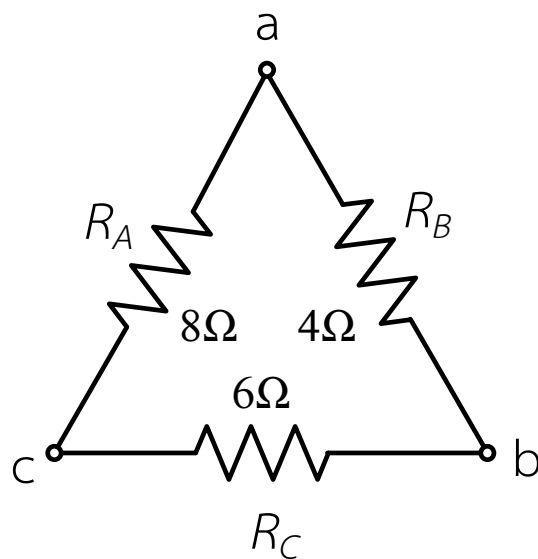


$$\begin{aligned} R_Y &= \frac{R\Delta}{3} \\ &= \frac{210\Omega}{3} \\ &= 70\Omega \end{aligned}$$

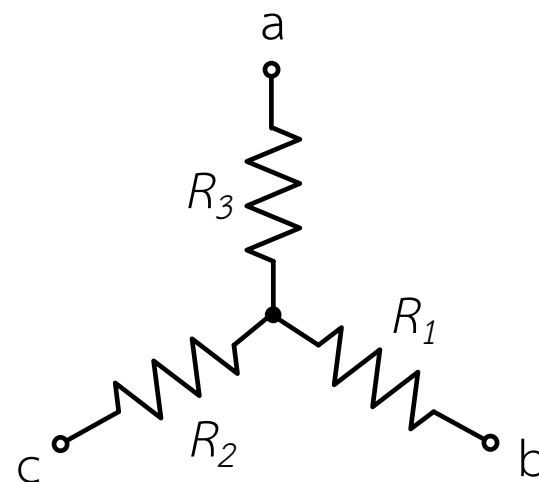
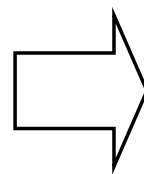


$R\Delta$ หมายถึง ค่าตัวต้านทานที่มีค่าเท่ากันทั้ง 3 ตัวที่ต่อในรูปแบบ Δ

➡ ตัวอย่างที่ 8.4 จากรูป ก) จงแปลงการต่อตัวต้านทานรูปแบบ Δ ให้เป็นรูปแบบ Y ดังรูป ข)



ก)



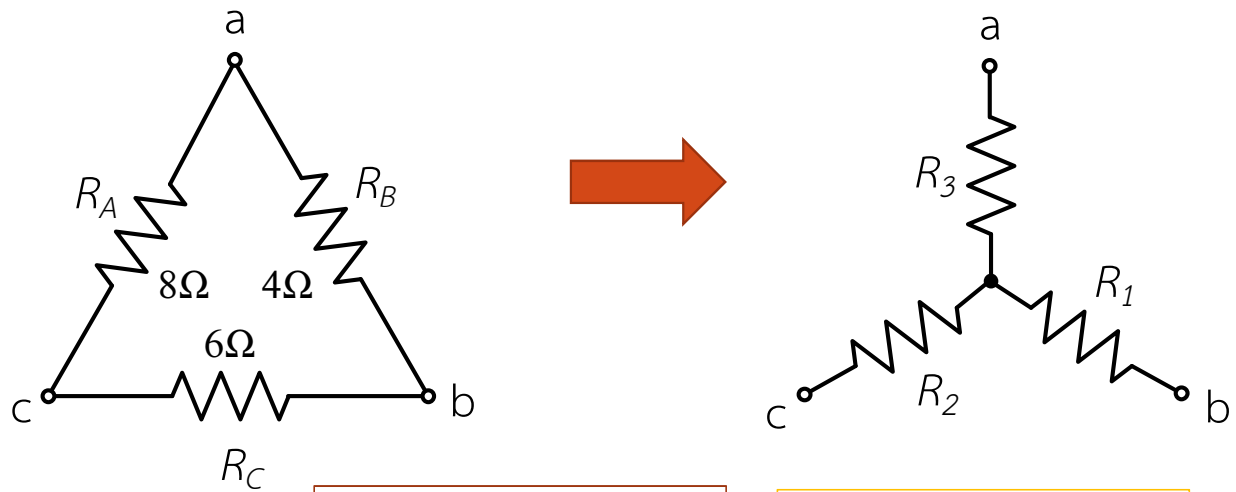
ข)

รูปที่ 8.10 ตัวต้านทานรูปแบบ Δ ตามตัวอย่างที่ 8.4





วิธีทำ จากรูปที่ 8.10 ข) แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y จะได้



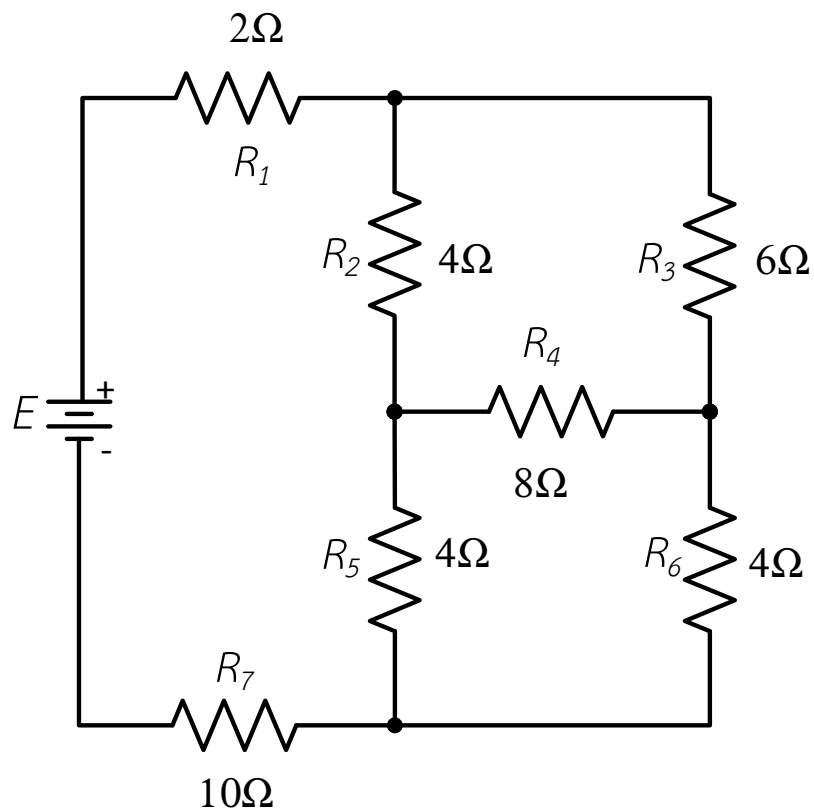
$$\begin{aligned}\sum R_{\Delta} &= R_A + R_B + R_C \\ &= 8\Omega + 4\Omega + 6\Omega \\ \sum R_{\Delta} &= 18\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_1 &= \frac{R_B R_C}{\sum R_{\Delta}} \\ &= \frac{4\Omega \times 6\Omega}{18\Omega} \\ R_1 &= 1.33\Omega\end{aligned}$$

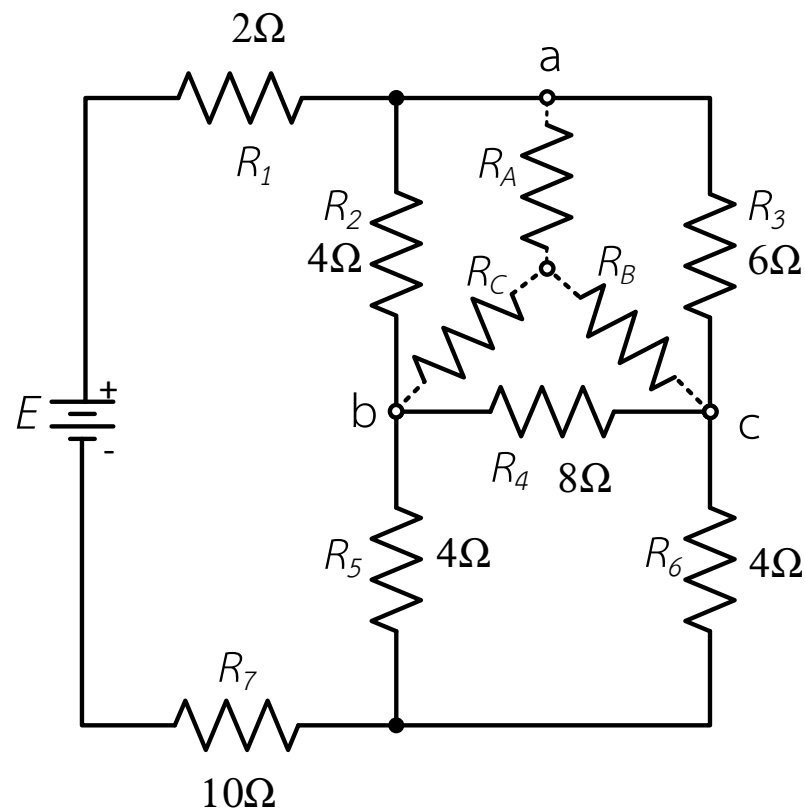
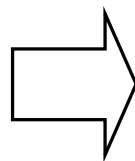
$$\begin{aligned}R_2 &= \frac{R_A R_C}{\sum R_{\Delta}} \\ &= \frac{8\Omega \times 6\Omega}{18\Omega} \\ R_2 &= 2.66\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_3 &= \frac{R_A R_B}{\sum R_{\Delta}} \\ &= \frac{8\Omega \times 4\Omega}{18\Omega} \\ R_3 &= 1.77\Omega\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 8.5 จากรูป ก) จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจรไฟฟ้า



ก)

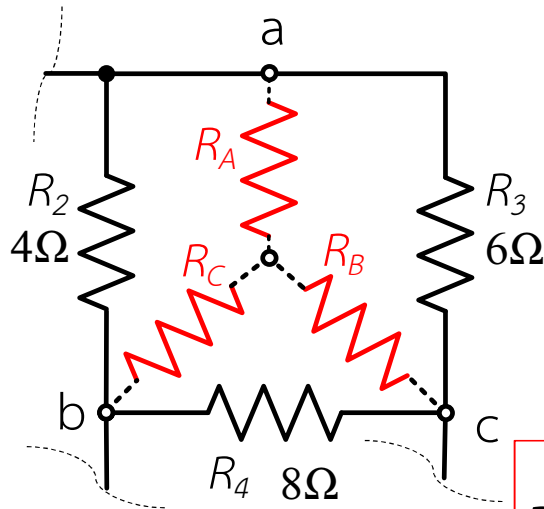


ข)

รูปที่ 8.11 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 8.4



➡ วิธีทำ จากรูปที่ 8.11 ข) แสดงการกำหนดจุดการแปลงการต่อตัวต้านทานจาก Δ เป็น Y จะได้



$$\begin{aligned}\sum R_{\Delta} &= R_2 + R_3 + R_4 \\ &= 4\Omega + 6\Omega + 8\Omega \\ \sum R_{\Delta} &= 18\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_A &= \frac{R_2 R_3}{\sum R_{\Delta}} \\ &= \frac{4\Omega \times 6\Omega}{18\Omega} \\ R_A &= 1.33\Omega\end{aligned}$$

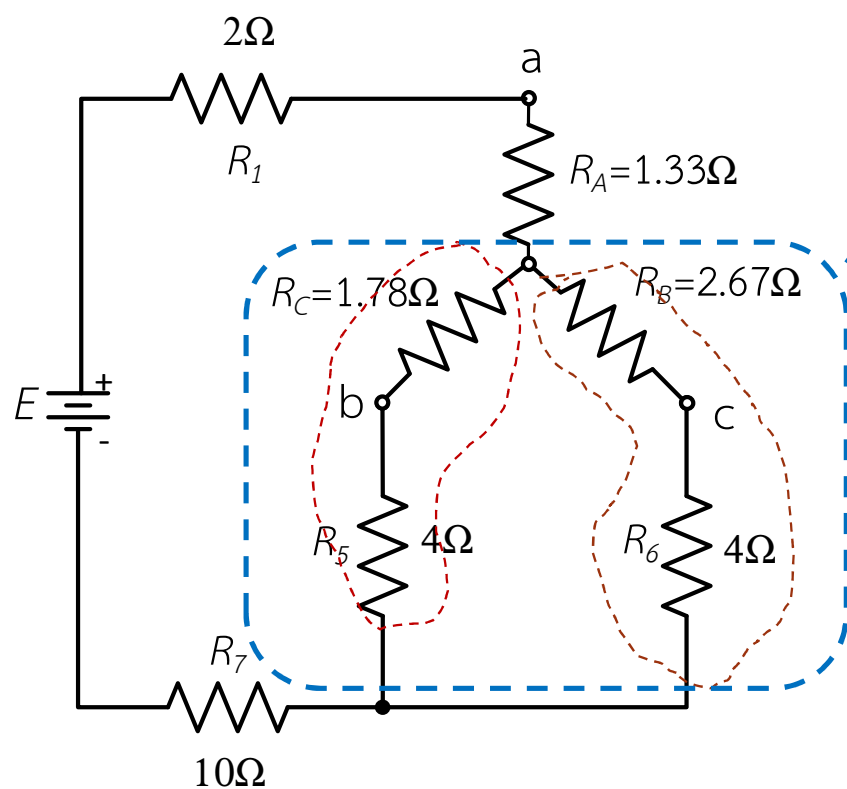
$$\begin{aligned}R_B &= \frac{R_3 R_4}{\sum R_{\Delta}} \\ &= \frac{6\Omega \times 8\Omega}{18\Omega} \\ R_B &= 2.67\Omega\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}R_C &= \frac{R_2 R_4}{\sum R_{\Delta}} \\ &= \frac{4\Omega \times 8\Omega}{18\Omega} \\ R_C &= 1.78\Omega\end{aligned}$$

รูปที่ 8.11 ข) วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 8.4



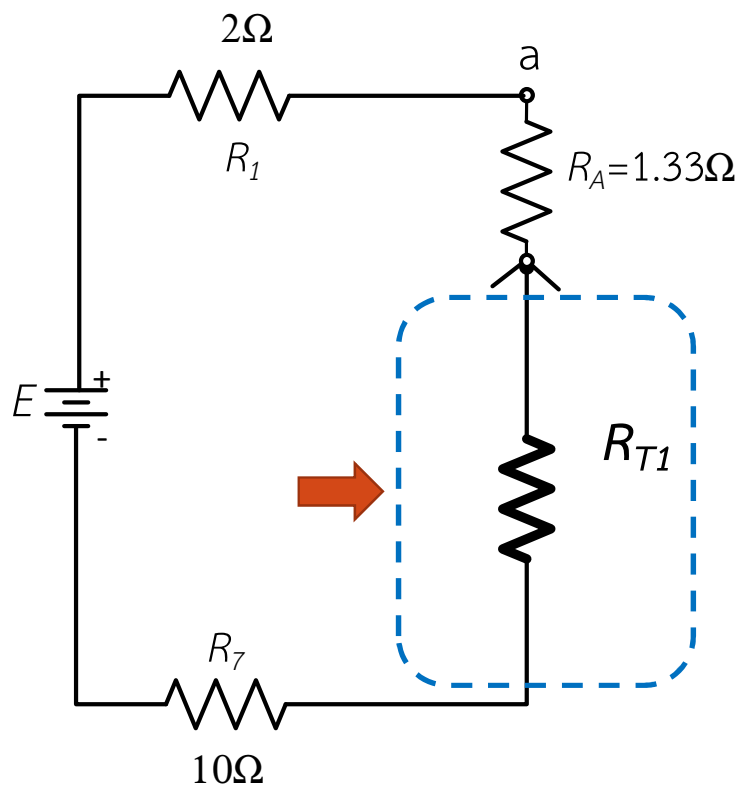
นำ R_A , R_B และ R_C มาต่อแบบ Y ที่จุดต่อเดิมในวงจรไฟฟ้า เขียนวงจรใหม่ให้เข้าใจง่ายขึ้น



$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= (R_C + R_5) // (R_B + R_6) \\
 &= \frac{(R_C + R_5) \times (R_B + R_6)}{(R_C + R_5) + (R_B + R_6)} \\
 &= \frac{(1.78\Omega + 4\Omega) \times (2.67\Omega + 4\Omega)}{(1.78\Omega + 4\Omega) + (2.67\Omega + 4\Omega)} \\
 &= \frac{5.78\Omega \times 6.67\Omega}{5.78\Omega + 6.67\Omega} \\
 &= \frac{38.5526\Omega^2}{12.45\Omega}
 \end{aligned}$$

$$R_{T1} = 3.1\Omega$$





$$R_T = R_1 + R_A + R_{T1} + R_7$$

$$= 2\Omega + 1.33\Omega + 3.1\Omega + 10\Omega$$

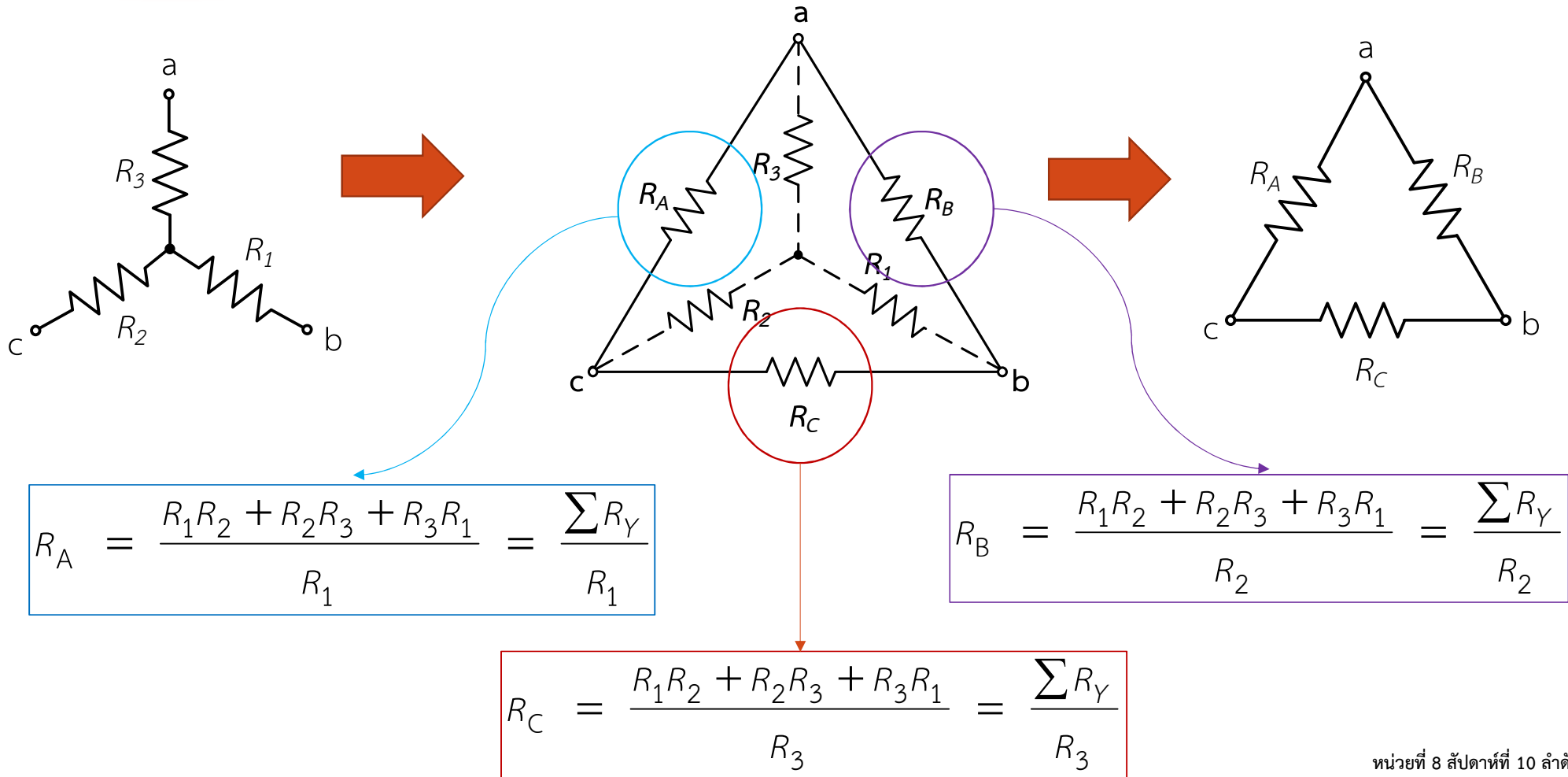
$$R_T = 16.43\Omega$$

$$\therefore R_T = 16.43 \text{ โอห์ม}$$



สรุป

การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย (Y) ให้เป็นแบบเดลตา (Δ)



สรุป

การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบเดลตา (Δ) ให้เป็นแบบวาย (Y)

