



แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพ บูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา ๒๐๑๐๔ - ๒๐๐๒
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช ๒๕๖๒
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม สาขาวิชาไฟฟ้า

ภาคเรียนที่ ๒ ปีการศึกษา ๒๕๖๘

จัดทำโดย
ว่าที่ร้อยตรีหญิง ชนิกานต์ มั่งอุตม์

วิทยาลัยการอาชีวศึกษาบางสะพาน
สถาบันอาชีวศึกษาภาคกลาง ๕

อาชีวศึกษาจังหวัดประจวบคีรีขันธ์
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

คำนำ

แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นฐานสมรรถนะและบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง วิชา วงจรไฟฟ้า กระแสตรง รหัสวิชา ๒๐๑๐๔-๒๐๐๒ เล่มนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อใช้เป็นคู่มือประกอบการสอน หรือเป็น แนวทางการสอนในรายวิชาเพื่อพัฒนาผู้เรียนเป็นสำคัญ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช ๒๕๖๒ สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษากระทรวงศึกษาธิการ

การจัดทำได้มีการพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับผู้เรียน โดยแบ่งเนื้อหาออกเป็น ๘ หน่วย การจัด กิจกรรมการเรียนการสอนยึดผู้เรียนเป็นสำคัญ มีการบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงและคุณธรรม จริยธรรม ไว้ในหน่วยการเรียนรู้ตามความเหมาะสม สอดคล้องกับเนื้อหา มีแบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนหลังเรียน มีใบงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิผลแก่ผู้เรียนมากยิ่งขึ้น ผู้จัดทำหวังว่าแผนการจัดการเรียนรู้เล่มนี้คงจะเป็นแนวทางและเป็นประโยชน์ต่อครูผู้สอน และนักเรียน หากมีข้อเสนอแนะประการใดผู้จัดทำยินดียินยอมรับไว้เพื่อปรับปรุงแก้ไขในครั้งต่อไป

ว่าที่ร้อยตรีหญิง.....

(ชนิกานต์ มั่งอุตม์)



ส่วนที่ ๑ แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

๑. ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา ๒๐๑๐๔-๒๐๐๒ จำนวน ๒ หน่วยกิต ๔ ชั่วโมง

๒. คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติงานเกี่ยวกับ ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า ตัวแปรวงจรไฟฟ้า ประจุไฟฟ้า กระแส แรงดัน กำลังไฟฟ้า นิยามโนด กิ่ง ลูป กฎกระแส กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ องค์ประกอบพื้นฐานวงจรไฟฟ้า ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ แหล่งจ่ายไฟ การต่อเซลล์ไฟฟ้า การต่อวงจรแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ การแปลงวงจรเดลต้า – วาย วงจรแบ่งแรงดัน วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า ทฤษฎีบทการทับซ้อน เทวินิน นอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

๓. จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

- ๓.๑ เข้าใจกฎและทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐาน
- ๓.๒ มีทักษะในการต่อ การประลองและการคำนวณ หาค่าต่างๆในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- ๓.๓ มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีกิจนิสัยในการคนควาเพิ่มเติมและทำงานด้วยความรอบคอบและปลอดภัย

๔. สมรรถนะรายวิชา

- ๔.๑ แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- ๔.๒ ปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
- ๔.๓ วัดและทดสอบค่าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

๕. การวิเคราะห์หลักสูตร

ชื่อหน่วย เหตุการณ์	พุทธิพิสัย (๕๐%)						ทักษะพิสัย (๕๐%)	จิตพิสัย (๒๐%)	รวม	ลำดับความสำคัญ	จำนวนชั่วโมง
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การสังเคราะห์	การประเมิน					
๑. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า	๑	๒	๑	-	-	-	๖	๒	๑๒	๓	๔
๒. กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า	๑	๒	๑	-	-	-	๖	๒	๑๔	๑	๖
๓. วงจรอนุกรม	๒	๒	๑	-	-	-	๖	๒	๑๓	๒	๖
๔. วงจรขนาน	๑	๒	๑	-	-	-	๖	๒	๑๒	๓	๖
๕. วงจรผสม	๒	๒	๑	-	-	-	๖	๒	๑๓	๒	๖
๖. วิธีการวิเคราะห์วงจร	๒	๒	๑	-	-	-	๕	๒	๑๒	๓	๑๒
๗. การแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน	๑	๒	๑	-	-	-	๕	๒	๑๑	๔	๖
๘. ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	๑	๒	๒	-	-	-	๖	๒	๑๓	๒	๑๒
สอบปลายภาค	-	-	-	-	-	-	-	-	-		๔
รวม	๑๑	๑๖	๙	-	-	-	๔๘	๑๖	๑๐๐		๗๒
ลำดับความสำคัญ	๔	๒	๕	-	-	-	๑	๓			

๖. กำหนดหน่วยการเรียนรู้จากการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชา

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง	จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย	สมรรถนะ ประจำหน่วย
(หน่วยที่ ๑) ความรู้พื้นฐาน เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า	๔	๑. บอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าได้ ๒. บอกชื่อและหน่วยวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่าง น้อย ๕ ปริมาณ ๓. บอกหน่วยและสัญลักษณ์ของปริมาณทางไฟฟ้า ได้ ๔. เปลี่ยนขนาดของหน่วยปริมาณทางไฟฟ้าได้ ๕. บอกวิธีการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ ๖. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานและ แรงดันไฟฟ้าได้ ๗. อ่านค่าที่ได้จากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง ๘. อ่านค่าที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานได้ ถูกต้อง ๙. เลือกย่านการวัดที่เหมาะสมกับปริมาณการวัด ได้ถูกต้อง	ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่า ความต้านทานและ แรงดันไฟฟ้า

ชื่อหน่วยการเรียนรู้	จำนวน ชั่วโมง	จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย	สมรรถนะ ประจำหน่วย
(หน่วยที่ ๒) กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า	๘	๑. อธิบายความหมายกฎของโอห์มได้ ๒. คำนวณกฎของโอห์มได้ถูกต้อง ๓. อธิบายความหมายของกำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า และประสิทธิภาพ ๔. คำนวณกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้ ๕. คำนวณหาประสิทธิภาพได้	คำนวณหาค่ากฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า
(หน่วยที่ ๓) วงจรอนุกรม	๘	๑. บอกวิธีการต่อแบบอนุกรมได้ ๒. คำนวณวงจรการต่อความต้านทานแบบอนุกรมโดยใช้กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์ได้ ๓. คำนวณการต่อแหล่งจ่ายแรงดันแบบอนุกรมได้ ๔. คำนวณวงจรโดยใช้กฎการแบ่งแรงดันได้	คำนวณค่ากระแสแรงดัน และกำลังไฟฟ้าวงจรอนุกรม
(หน่วยที่ ๔) วงจรขนาน	๘	๑. บอกวิธีการต่อแบบขนานได้ ๒. คำนวณวงจรการต่อความต้านทานแบบขนานโดยใช้กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ได้ ๓. คำนวณการต่อแหล่งจ่ายแรงดันแบบขนานได้ ๔. คำนวณวงจรโดยใช้กฎการแบ่งกระแสได้	คำนวณค่ากระแสแรงดัน และกำลังไฟฟ้าของวงจรขนาน
(หน่วยที่ ๕) วงจรผสม	๘	๑. คำนวณค่าต่างๆ ในวงจรผสมได้ ๒. คำนวณวงจรวิสโตนบริดจ์ได้ ๓. คำนวณการแปลงความต้านทานแบบเดลต้า – วายได้	คำนวณค่ากระแสแรงดัน และกำลังไฟฟ้าของวงจรผสม
(หน่วยที่ ๖) วิธีการวิเคราะห์ห้วงจร	๑๒	๑. บอกวิธีการแก้สมการตัวแปรเดียวและสองตัวได้ ๒. คำนวณวงจรโดยใช้หลักการของโนดโวลต์เตจได้ ๓. คำนวณวงจรโดยใช้หลักการของเมชเคอร์เรนจ์ได้	คำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการวิเคราะห์ห้วงจร
(บทที่ ๗) การแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน	๘	๑. บอกวิธีการใช้หลักการทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่ายในการวิเคราะห์ห้วงจรไฟฟ้าได้ ๒. อธิบายวิธีการใช้หลักการทฤษฎีการวางซ้อนในการวิเคราะห์ห้วงจรได้ ๓. คำนวณโดยวิธีการใช้หลักการทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่ายได้ ๔. คำนวณโดยวิธีการใช้หลักการทฤษฎีการวางซ้อนได้	คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าโดยใช้สูตรสำเร็จ
(หน่วยที่ ๘) ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	๑๒	๑. อธิบายและคำนวณหาวงจรสมมูลเทวินินได้ ๒. อธิบายและคำนวณหาวงจรสมมูลนอร์ตันได้ ๓. อธิบายและคำนวณหลักการการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้	คำนวณหาค่าต่างๆ ดดยใช้ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

๗.เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๗.๑ การแบ่งคะแนนและเกณฑ์การผ่านการประเมินผลการเรียนรู้ร้อยละ ๕๐

หน่วยที่	ทดสอบ (พุทธิพิสัย)	ผลงาน/ปฏิบัติงาน (ทักษะพิสัย)	พฤติกรรม (จิตพิสัย)	รวม	ร้อยละ๕๐ ของคะแนนเต็ม
๑	๔	๒	๓	๙	๕
๒	๘	๓	๔	๑๕	๗.๕
๓	๔	๓	๓	๑๐	๕
๔	๔	๓	๓	๑๐	๕
๕	๘	๓	๔	๑๕	๗.๕
๖	๔	๓	๓	๑๐	๕
๗	๔	๑๐	๕	๑๙	๑๐
๘	๔	๓	๕	๑๒๐๐	๕
รวม	๔๐	๓๐	๒๐	๑๐๐	๕๐

พุทธิพิสัย

๔๐ คะแนน

- ทดสอบระหว่างภาคเรียน (๑๐ คะแนน)
- ทดสอบประมวลผลปลายภาคเรียน (๓๐ คะแนน)

ทักษะพิสัย

๓๐ คะแนน

- ใบงานการทดลอง (๓๐ คะแนน)

จิตพิสัย

๓๐ คะแนน

รวม ๑๐๐ คะแนน

๗.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลนำคะแนนแต่ละหน่วยการเรียนรู้รวมกัน คิดเป็นร้อยละตามเกณฑ์ ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียน ๔.๐
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียน ๓.๕
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียน ๓.๐
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียน ๒.๕
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียน ๒.๐
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียน ๑.๕
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียน ๑.๐
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียน ๐

๘. เครื่องมือวัดผล

๘.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๘.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘.๓ ใบงาน

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ เรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า จำนวน ๔ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑. เพื่อให้บอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้าได้ (ด้านความรู้)
๒. เพื่อให้บอกชื่อและหน่วยวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้อย่างน้อย ๕ ปริมาณ (ด้านความรู้)
๓. เพื่อให้บอกหน่วยและสัญลักษณ์ของปริมาณทางไฟฟ้าได้ (ด้านความรู้)
๔. เพื่อให้สามารถเปลี่ยนขนาดของหน่วยปริมาณทางไฟฟ้าได้ (ด้านความรู้)
๕. เพื่อให้บอกวิธีการวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้ (ด้านความรู้)
๖. เพื่อให้ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าได้ (ด้านทักษะ)
๗. เพื่อให้อ่านค่าที่ได้จากการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าได้ถูกต้อง (ด้านทักษะ)
๘. เพื่อให้อ่านค่าที่ได้จากการวัดค่าความต้านทานได้ถูกต้อง (ด้านทักษะ)
๙. เพื่อให้ใช้เลือกย่านการวัดที่เหมาะสมกับปริมาณการวัดได้ถูกต้อง (ด้านทักษะ)
๑๐. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องสำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

๒. สมรรถนะประจำหน่วย

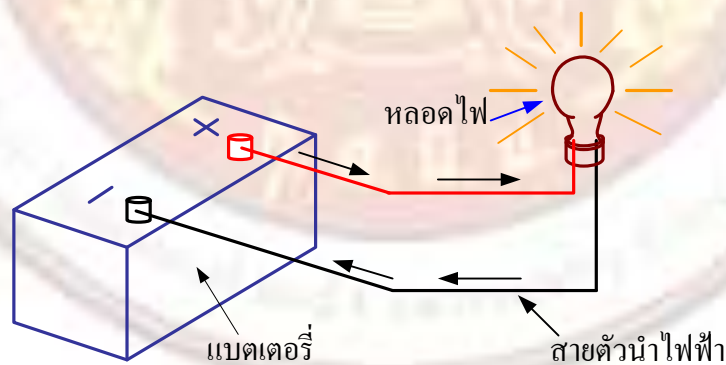
ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้า

๓. เนื้อหา

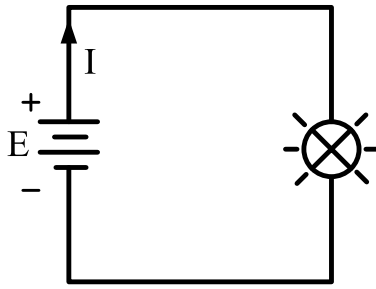
เนื้อหาสาระ

๑. องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้ากระแสตรงจะมีส่วนประกอบสำคัญคือแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง สายตัวนำไฟฟ้าและโหลดของวงจรไฟฟ้า นอกจากนี้วงจรไฟฟ้ามียุติและอุปกรณ์ป้องกันการลัดวงจร



รูปที่ ๑.๑ องค์ประกอบวงจรไฟฟ้า



รูปที่ ๑.๒ การเขียนสัญลักษณ์วงจรไฟฟ้า

๒. ปริมาณทางไฟฟ้า

๒.๑ ประจุไฟฟ้า (Electric Charge) สสารทุกชนิดประกอบด้วยโมเลกุลจำนวนมาก แต่ละโมเลกุลประกอบด้วยอะตอมหลายอะตอม โดยส่วนที่อยู่ใจกลางอะตอมเรียกว่า นิวเคลียส ซึ่งประกอบด้วยนิวตรอนและโปรตอน

๒.๒ กระแสไฟฟ้า (Current: I) คือการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าลบหรืออิเล็กตรอนไปในทิศทางเดียวกันในวงจรไฟฟ้าต่อหนึ่งหน่วยเวลา แทนกระแสไฟฟ้าด้วย I และวัดปริมาณการไหลของกระแสไฟฟ้าออกมามีหน่วยมาตรฐานคือแอมแปร์ หรือแอมป์ เขียนแทนด้วย A

๒.๓ แรงดันไฟฟ้า (Voltage: E, V, U) แรงเคลื่อนไฟฟ้าหรือความต่างศักย์ไฟฟ้า คือ พลังงานที่ใช้ในการผลักให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ระหว่างจุดสองจุดได้อย่างต่อเนื่อง หรือแรงที่ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เขียนแทนแรงดันไฟฟ้าด้วย E, V, U โดยมีหน่วยการวัดเป็นโวลต์ (Volt) เขียนแทนด้วย V

๒.๔ ความต้านทาน (Resistor: R) คือความสามารถในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรหรือการจำกัดการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรนั่นเอง เขียนแทนความต้านทานด้วย R มีหน่วยวัดเป็นโอห์ม เขียนแทนด้วย Ω

๒.๕ ความนำไฟฟ้า (Conductance: G) คือความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้าของตัวต้านทานให้เคลื่อนที่ในวงจรไฟฟ้า เป็นปริมาณที่ตรงกันข้ามกับความต้านทาน เขียนแทนความนำไฟฟ้าด้วย G มีหน่วยวัดเป็นซีเมนส์ เขียนแทนด้วย S

๓. แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมาให้วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายประเภทดังนี้

๓.๑ เซลล์ไฟฟ้า (Electric Cell) เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า สามารถแบ่งออกได้ ๒ ประเภทคือ

๓.๑.๑ เซลล์ไฟฟ้าปฐมภูมิ (Primary Cell) เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้งานจนหมดประจุไฟฟ้าแล้ว ไม่สามารถนำกลับมาอัดประจุได้อีก เช่นถ่านไฟฉายขนาดแรงดันไฟฟ้าต่าง ๆ

๓.๑.๒ เซลล์ไฟฟ้าทุติยภูมิ (Secondary Cell) เป็นเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้งานจนหมดประจุไฟฟ้าแล้ว สามารถนำกลับมาอัดประจุไฟฟ้าใหม่เพื่อนำไปใช้งานได้ อีก เช่น แบตเตอรี่ ถ่านนิเกิล-แคดเมียม ถ่านแบบลิเทียม-ไอออน เป็นต้น

๓.๒ แบตเตอรี่ (Battery) เป็นแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงปฏิกิริยาทางเคมีเป็นพลังงานไฟฟ้า แล้วสร้างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของแบตเตอรี่ จัดอยู่ในประเภทเซลล์ไฟฟ้าแบบทุติยภูมิ เพราะเมื่อใช้ประจุไฟฟ้าจนหมดแล้วสามารถประจุ เข้าไปใหม่แล้วนำกลับมาใช้ได้

๓.๓ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง เป็นอุปกรณ์ที่สามารถจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงออกมา การทำงานจะอาศัยหลักการเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือที่เรียกว่าวงจรเรียงกระแสไฟฟ้าออกมาใช้งานในด้านต่าง ๆ แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากเครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิดนี้จะ ได้ไฟฟ้ากระแสตรงที่มีขั้วบวกและขั้วลบที่แน่นอนเช่นเดียวกับไฟฟ้ากระแสตรงจากแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉาย การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพื่อควบคุมแรงดันไฟฟ้าใช้งานมีทั้งแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่ และแบบปรับค่าแรงดันไฟฟ้าได้ มีขนาดให้เลือกใช้งานตามที่ต้องการ

๓.๔ เซลล์แสงอาทิตย์ เป็นแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่อาศัยปฏิกิริยาของแรงดันไฟฟ้าอันเนื่องมาจากพลังงานแสงอาทิตย์ เพื่อเปลี่ยนพลังงานแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า

๔. หน่วยของปริมาณไฟฟ้า

๔.๑ หน่วย (Unit) เป็นสิ่งบ่งบอกให้ทราบถึงจำนวนหรือขนาดปริมาณทางไฟฟ้า ซึ่งปริมาณทางไฟฟ้าที่มีค่าเป็นตัวเลขทั้งหมดจำเป็นต้องมีหน่วยเขียนกำกับไว้

๔.๒ สัญลักษณ์ของหน่วยปริมาณทางไฟฟ้า ปกติจะใช้ตัวอักษรภาษาอังกฤษเขียนแทนเพียงตัวเดียวเท่านั้น ในบางกรณีอาจจะใช้ตัวอักษรกรีกโบราณด้วย เช่น

ปริมาณ	สัญลักษณ์	หน่วย	สัญลักษณ์
ความถี่	f	เฮิรตซ์	Hz
ความดัน	P	พาสคาล	Pa
แรงดันไฟฟ้า	V	โวลต์	V
เวลา	t , τ	วินาที	s
กำลังไฟฟ้า	P	วัตต์	W
อุณหภูมิ	T	เคลวิน	K
ความต้านทานจำเพาะ	ρ	โอห์ม-เมตร	Ω -m
ความต้านทาน	R	โอห์ม	Ω
ความนำไฟฟ้า	G	ซีเมนส์	S
กระแสไฟฟ้า	I	แอมแปร์	A
ระยะทางหรือความยาว	l , d	เมตร	m
ความเร็วเชิงมุมหรือความถี่เชิงมุม	ω	เรเดียนต่อวินาที	Rad/s

๔.๓ การเปลี่ยนหน่วย โดยจะทำการนับเปลี่ยนจุดทศนิยมครั้งละ ๓ หลักหรือเปลี่ยนครั้งละ ๑,๐๐๐ เท่า คือถ้าต้องการเปลี่ยนหน่วยขนาดใหญ่เป็นหน่วยขนาดเล็ก ทำได้โดยย้ายจุดทศนิยมไปทางขวา ๓ จุดและถ้าต้องการเปลี่ยนหน่วยขนาดเล็กกว่าเป็นหน่วยขนาดใหญ่ ทำได้โดยย้ายจุดทศนิยมไปทางซ้ายมือ ๓ จุด ตัวอย่างเช่น

$$100\text{k}\Omega = 100.\underline{000} \Omega = 100,000 \Omega$$

$$0.001\text{mA} = \underline{0.001}00 \text{ A} = 1.00 \mu\text{A}$$

$$1,000 \text{ mA} = 1,\underline{000}.00 = 1.00 \text{ A}$$

$$1,000 \text{ V} = 1,\underline{000}.00 = 1\text{kV}$$

๔.๔ ชื่อประกอบหน้าหน่วย ในระบบ SI ใช้แสดงค่าเลขยกกำลังของเลขฐานสิบและจำนวนเต็ม ที่มีค่าต่างกัน โดยชื่อประกอบหน้าหน่วยจะช่วยให้การอ่านและเขียนค่าตัวเลขที่มีค่าน้อยหรือค่ามากให้ง่ายขึ้น

ชื่อประกอบ	สัญลักษณ์	เลขยกกำลัง	จำนวนเต็ม
ทีรา (Tera)	T	10^{12}	๑,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐
จิกะ (giga)	G	10^9	๑,๐๐๐,๐๐๐,๐๐๐
เมกะ(mega)	M	10^6	๑,๐๐๐,๐๐๐
กิโล(kilo)	k	10^3	๑,๐๐๐
ปกติ	-	10^0	๑
มิลลิ(milli)	m	10^{-3}	๐.๐๐๑
ไมโคร(micro)	μ	10^{-6}	๐.๐๐๐๐๐๑
นาโน(nano)	n	10^{-9}	๐.๐๐๐๐๐๐๐๐๑
พิโก(pico)	p	10^{-12}	๐.๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๑
เฟมโต (femto)	f	10^{-15}	๐.๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๑
อัตโต(atto)	a	10^{-18}	๐.๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๐๑

๕. การวัดปริมาณทางไฟฟ้า จะใช้เครื่องวัดไฟฟ้าที่มีการตั้งชื่อตามหน่วยของปริมาณทางไฟฟ้า เช่น แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยวัดเป็นโวลต์ (Volt) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดค่าแรงดันไฟฟ้าจึงเรียกว่า โวลต์มิเตอร์ (Voltmeter) กระแสไฟฟ้าที่ใช้มีหน่วยวัดเป็นแอมป์ (Amp) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้าจึงเรียกว่า แอมมิเตอร์ (Ammeter) ความต้านทานมีหน่วยวัดเป็นโอห์ม (Ohm) เครื่องวัดไฟฟ้าที่ใช้วัดความต้านทานจึงเรียกว่า โอห์มมิเตอร์ (Ohmmeter) เป็นต้น การวัดปริมาณทางไฟฟ้าส่วนมากจะทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน เพื่อความสะดวกในการใช้งาน จึงมีการสร้างเครื่องวัดไฟฟ้าที่รวมเครื่องวัดทั้งสามอยู่ในเครื่องเดียวกัน ซึ่งสามารถวัดปริมาณทางไฟฟ้าได้หลาย ๆ ค่า เรียกว่า มัลติมิเตอร์ (Multimeter) ซึ่งการวัดปริมาณที่ต้องการด้วยการตั้งค่าของสวิตช์เลือกย่านการวัดที่เหมาะสม

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้า	ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าความต้านทานและแรงดันไฟฟ้าได้อย่างถูกต้อง

๕. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๑ เรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/ หลักฐาน	เครื่องมือและ วิธีการวัดผล
๑ / (๔ ชั่วโมง) ๑. หน่วยในระบบ SI ๒. การคำนวณสัญลักษณ์ทาง วิศวกรรมศาสตร์ ๓. ทฤษฎีโอห์มกฎ ๔. กระแสไฟฟ้า ๕. แรงดันไฟฟ้า ๖. ความต้านทาน ไฟฟ้า ๗. การวัดกระแส แรงดันและความ ต้านทาน	<u>ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน</u> <u>(MOTIVATIO)</u> ๑. ทักทายและตรวจสอบ รายชื่อนักเรียน แลกเปลี่ยน ข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การ เรียนรู้ สมรรถนะรายวิชา คำอธิบายรายวิชา เกณฑ์การ วัดผลประเมินผลวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง ๓. ผู้สอนแจ้งวัตถุประสงค์ของ การเรียนรู้วิชาวงจรไฟฟ้า กระแสตรง ๔. แนะนำเกณฑ์การให้ คะแนน การวัดประเมินผล <u>ขั้นศึกษาข้อมูล</u> <u>(INFORMATION)</u> ๑. ครูอธิบายในเรื่องหน่วยใน ระบบ SI การคำนวณสัญลักษณ์ ทาง ทฤษฎีโอห์มกฎ กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า ๒. นักเรียนฟังครูอธิบายพร้อม กับจดบันทึกซักถามข้อสงสัย ๓. ครูอธิบายทักษะการวัด กระแส แรงดันและความ ต้านทาน ๔. นักเรียนฟังครูอธิบาย ตัวอย่างพร้อมกับการจดบันทึก และค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม ในเว็บไซต์ http://krudirek.bspc.ac.th/	๑. เอกสารประกอบ วิชาวงจรไฟฟ้า กระแสตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับโทรทัศน์ ๔. เครื่องคอมพิวเตอร์ พกพา หรือแท็บเล็ต หรือ สมาร์ทโฟน	- แบบประเมิน พฤติกรรมการ เรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบ หลังเรียน	- นักเรียนทดสอบ แบบทดสอบหลัง เรียน - สังเกตพฤติกรรม ผู้เรียนและประเมิน ลงแบบประเมินด้าน คุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะที่ พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ ของนักเรียน

	<u>ขั้นประยุกต์ใช้</u> (APPLICATION) ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๑ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และแนะนำอย่างใกล้ชิด ๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๑ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เฉลย แบบฝึกหัด <u>ขั้นสรุปและประเมินผล</u> (PROGRESS) ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๑ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียนในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำความสะอาด ห้องเรียน ครูดูแลการทำความสะอาดห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขในกลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาในการสอนครั้งต่อไป			
--	---	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๔	คะแนน
ทักษะ	๒	คะแนน
จิตพิสัย	๓	คะแนน
รวม	๙	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

- ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

- ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

.....

.....

.....

- ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน
หน่วยที่ ๑ ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. ข้อใดคือความสัมพันธ์ตามกฎของโอห์ม

ก. $I = ER$

ข. $I = \frac{E}{R}$

ค. $I = PE$

ง. $R = EI$

๒. กระแสไฟฟ้า เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ตามข้อใด

ก. R

ข. V

ค. I

ง. E

๓. หน่วยวัดของกำลังไฟฟ้า คือข้อใด

ก. โอห์ม

ข. แอมแปร์

ค. โวลต์

ง. วัตต์

๔. หน่วยวัดของพลังงานไฟฟ้า คือข้อใด

ก. kWh หรือ Unit

ข. Watt

ค. Var

ง. Volt / Ohm

๕. หน่วยวัดของความต้านทานคือข้อใด

ก. จูล

ข. โวลต์

ค. โอห์ม

ง. แอมแปร์

จากรูปที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อที่ ๖-๗

๖. ตามกฎของโอห์ม กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร มีค่าเท่าใด

ก. ๖ A

ข. ๑๐ A

ค. ๐.๖ A

ง. ๑.๖๗ A

๗. หากวงจร ถ้าหากเปลี่ยนความต้านทานให้มีค่าสูงขึ้นกว่าเดิม กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในวงจรจะเป็นเช่นใด

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. คงที่

ง. เพิ่มขึ้น แล้วก็ลดลง

จากรูปที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อที่ ๘- ๙

๘. จากวงจร แหล่งจ่ายแรงดันมีค่าเท่าใด

ก. ๐.๑ V

ข. ๑ V

ค. ๕ V

ง. ๕๐๐ V

๙. จากวงจร ถ้าลดแรงดันของแหล่งจ่ายให้ต่ำลงกระแสไฟฟ้าจะเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. เพิ่มขึ้น

ข. ลดลง

ค. คงที่

ง. เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

๑๐. ถ้าหากเปิดหลอดไฟฟ้าขนาด ๑,๐๐๐ วัตต์ เป็นเวลานาน ๒ ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าเท่าไร

ก. ๒ วัตต์ - ชั่วโมง

ข. ๒๐๐ วัตต์ - ชั่วโมง

ค. ๒๐๐ วัตต์ - ชั่วโมง หรือ ๐.๒ ยูนิท

ง. ๒ กิโลวัตต์ หรือ ๒ ยูนิท

สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน

แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
 - ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
 - ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
 - ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
 - ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นสมรรถนะอาชีพบูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๒ เรื่อง กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า จำนวน ๘ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑. อธิบายความหมายกฎของโอห์มได้ (ด้านความรู้)
๒. คำนวณกฎของโอห์มได้ถูกต้อง (ด้านความรู้)
๓. อธิบายความหมายของกำลังไฟฟ้า และพลังงานไฟฟ้า และประสิทธิภาพ (ด้านความรู้)
๔. คำนวณกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้ (ด้านทักษะ)
๕. คำนวณหาประสิทธิภาพได้ (ด้านทักษะ)
๖. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้องสำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

๒. สมรรถนะประจำหน่วย

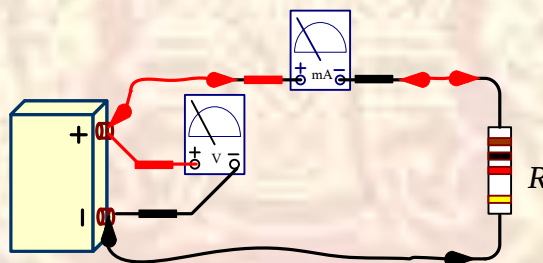
คำนวณหาค่ากฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า

๓. เนื้อหา

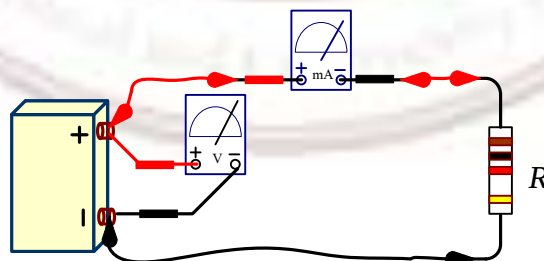
เนื้อหาสาระ

๑. กฎของโอห์ม

จอร์จ ไซมอน โอห์ม ได้ทดลองโดยต่อวงจรไฟฟ้าดังรูป กำหนดให้ตัวต้านทานมีค่าคงที่และแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดสามารถปรับค่าเพิ่มขึ้นและลดลงได้



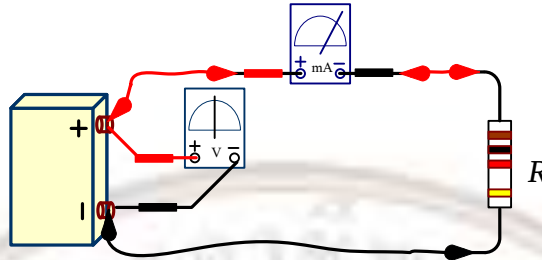
(ก) แรงดันไฟฟ้ามีค่าน้อย กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อย



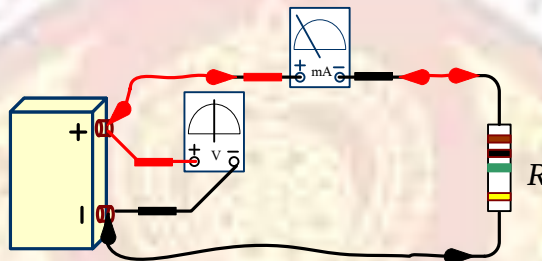
(ข) แรงดันไฟฟ้ามีค่ามาก กระแสไฟฟ้าไหลได้มาก

รูปแสดงการหาความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า เมื่อความต้านทานมีค่าคงที่

จากรูป (ก) จอร์จ ไซมอน โอห์ม ได้ทดลองให้เห็นว่าถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานมีค่าน้อย จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานได้น้อย และรูป (ข) ถ้าเพิ่มแรงดันไฟฟ้ามากขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้มากขึ้น ดังนั้นถ้าเราเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดเป็น ๒ เท่า จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานได้มากขึ้นเป็น ๒ เท่า แต่ถ้าลดแรงดันไฟฟ้าลงมา ๑/๒ เท่า ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานลดลงมา ๑/๒ เท่า



(ก) ความต้านทานมีค่าน้อย กระแสไฟฟ้าจะไหลได้มาก



(ข) ความต้านทานมีค่ามาก กระแสไฟฟ้าจะไหลได้น้อย

รูปแสดงการหาความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานกับกระแสไฟฟ้า เมื่อแรงดันไฟฟ้ามีค่าคงที่

จากรูป(ก) จอร์จ ไซมอน โอห์ม ได้ทดลองให้เห็นว่าถ้าแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดมีค่าคงที่และความต้านทานมีค่าน้อย จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานได้มากและจากรูป (ข) ถ้าเพิ่มค่าความต้านทานมากขึ้น จะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้น้อยลง ดังนั้นถ้าเราเพิ่มความต้านทานขึ้นเป็น ๒ เท่า กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานจะไหลได้น้อยลงครึ่งหนึ่ง แต่ถ้าลดความต้านทานลงครึ่งหนึ่ง ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานเพิ่มขึ้นเป็น ๒ เท่า

จากความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานดังกล่าวมาข้างต้นจอร์จ ไซมอน โอห์มได้สรุปเป็นสมการในการหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานได้ดังนี้

$$I = \frac{E}{R}$$

...สมการ (๒.๑)

$$E = IR$$

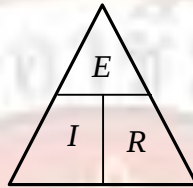
....สมการ (๒.๒)

$$R = \frac{E}{I}$$

....สมการ (๒.๓)

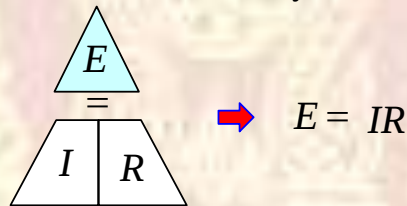
เมื่อ I คือ ค่ากระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
 E คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 R คือ ค่าความต้านทาน มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

หลักการจำกฎของโอห์มได้แม่นยำเพื่อนำไปใช้ในการหาปริมาณทางไฟฟ้าต่าง ๆ โดยเขียนสูตรกฎของโอห์มให้อยู่ในรูปสามเหลี่ยม แสดงดังรูป

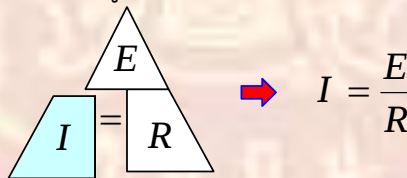


รูปแสดงสูตรกฎของโอห์ม

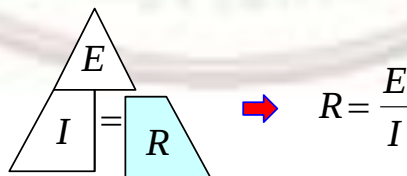
การหาสูตรในแต่ละส่วน ทำได้โดยการใช้มือปิดส่วนที่เราต้องคำนวณหาไว้ ส่วนที่เหลือคือสูตรที่ใช้ในการคำนวณ แสดงดังรูป



(ก) สูตรการหาแรงดันไฟฟ้า



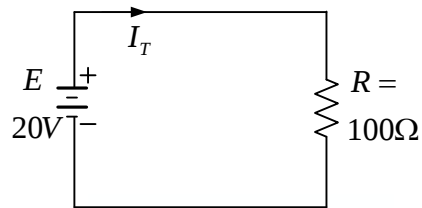
(ข) สูตรการหากระแสไฟฟ้า



(ค) สูตรการหาความต้านทาน

รูปแสดงสูตรการหาค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน

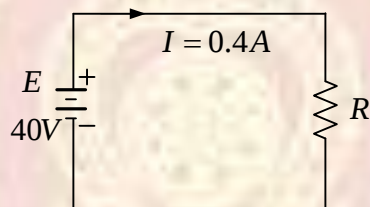
ตัวอย่างที่ ๑ จากวงจรดังรูป จงหากระแสไฟฟ้า



วิธีทำ จากสมการที่ ๒.๑ หาค่ากระแสไฟฟ้าได้ดังนี้

$$I = \frac{E}{R} = \frac{20V}{100\Omega} = 0.20 \text{ A}$$

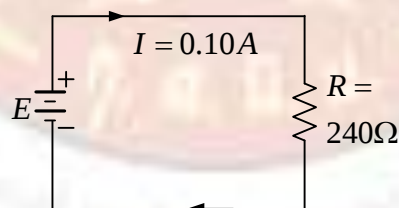
ตัวอย่างที่ ๒ จากวงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าความต้านทาน



วิธีทำ จากสมการที่ ๒.๓ คำนวณหาค่าความต้านทาน (R) ได้ดังนี้

$$R = \frac{E}{I} = \frac{40V}{0.4A} = 100 \Omega$$

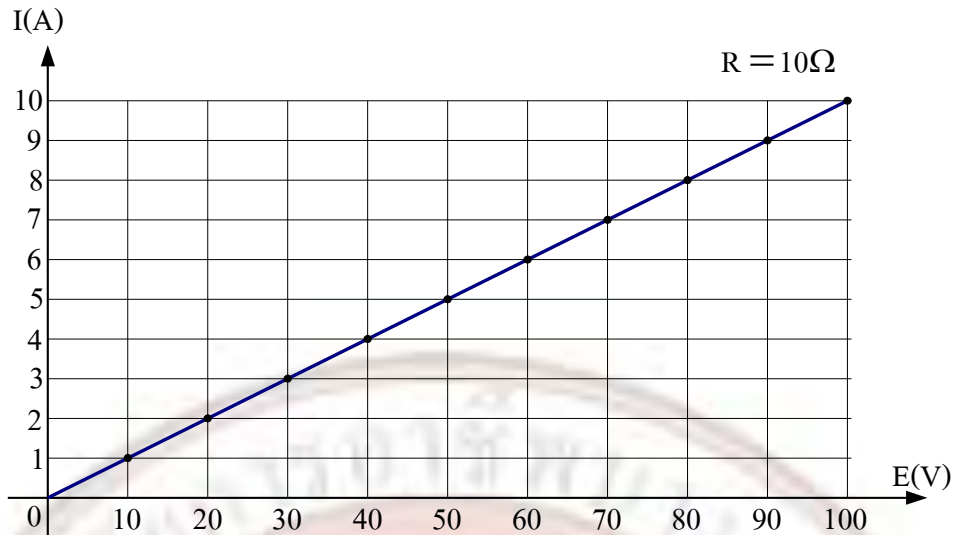
ตัวอย่างที่ ๓ จากวงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าแรงดันไฟฟ้า



วิธีทำ จากสมการที่ ๒.๒ คำนวณแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ดังนี้

$$E = IR = (0.1A)(240\Omega) = 24V$$

๒. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า



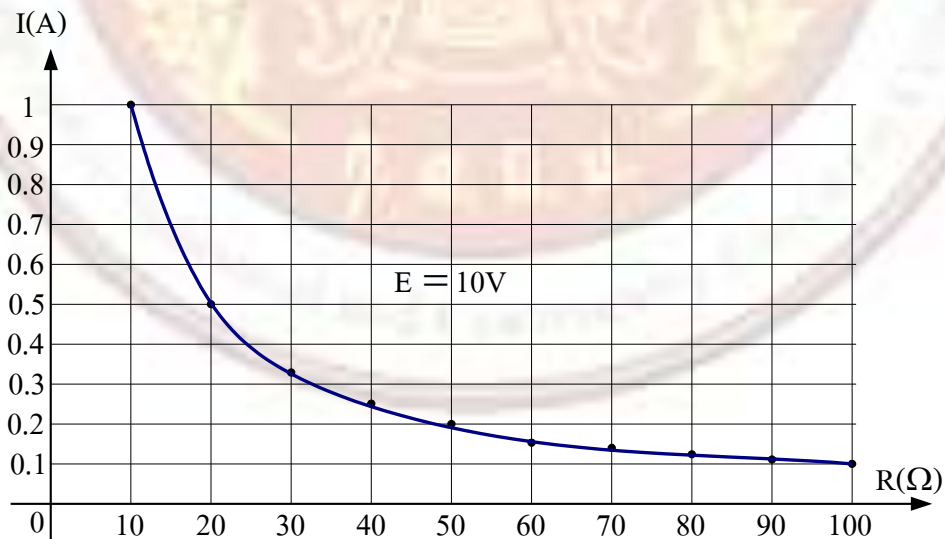
แสดงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้า

จากรูป กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าเป็นเส้นตรง นั้นหมายความว่า กระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแรงดันไฟฟ้า

๓. ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน

จากกฎของโอห์ม $I = \frac{E}{R}$ ทำให้ทราบว่า กระแสไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงผกผันกับความต้านทาน

กล่าวคือ เมื่อความต้านทานลดลง กระแสไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความต้านทานเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าจะลดลง ดังกราฟรูปที่ ๒.๑๐



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน

๔. กำลังไฟฟ้า (Electrical Power: P) คืออัตราการการทำงานที่มีกระแสไฟฟ้า (I) เคลื่อนที่ผ่านจุดสองจุด ที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้า (E) กำลังไฟฟ้าจะหาได้จากผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$P = EI$$

...สมการ (๒.๔)

เมื่อ	P	คือ กำลังไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
	I	คือ ค่ากระแสไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นแอมแปร์ (A)
	E	คือ ค่าแรงดันไฟฟ้า	มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

จากสมการที่ ๓.๔ เขียนสมการเทียบเคียง โดยการแทนค่า $E = IR$ ดังนี้

$$P = EI = (IR)I = I^2R$$

$$P = I^2R$$

...สมการ (๒.๕)

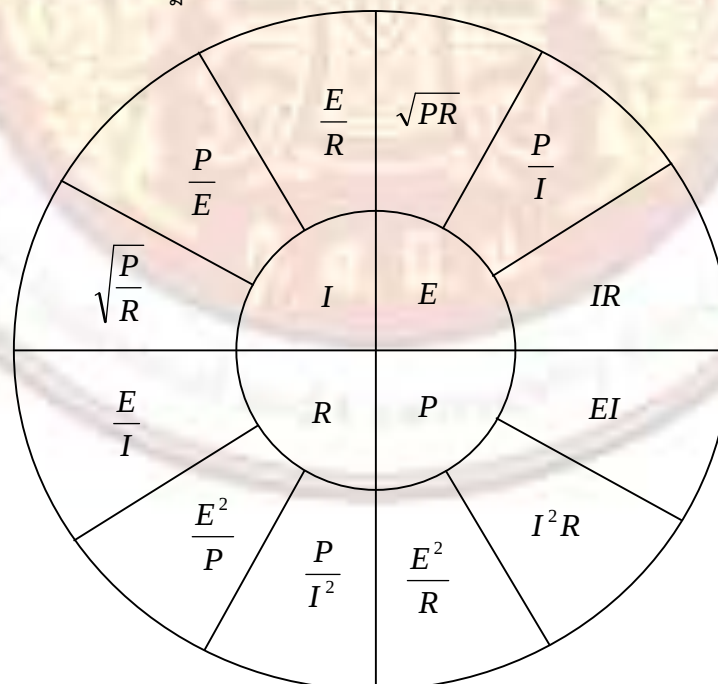
จากสมการที่ ๓.๔ เขียนสมการเทียบเคียง โดยการแทนค่า $I = E/R$ ดังนี้

$$P = EI = E\left(\frac{E}{R}\right) = \frac{E^2}{R}$$

$$P = \frac{E^2}{R}$$

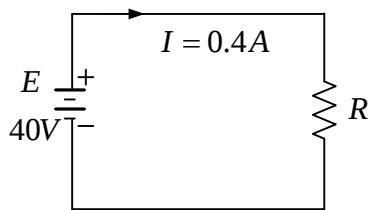
...สมการ (๒.๖)

การแทนค่าสมการทั้งกำลังไฟฟ้าและกฎของโอห์ม ทำให้ได้หลายค่ามากมาย เขียนออกมาเป็นสมการดังรูปที่ ๓.๙

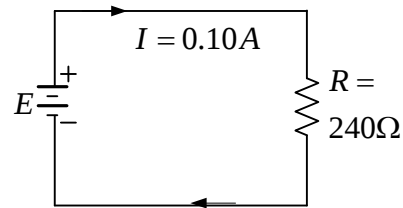


รูปที่ ๒.๑๑ สูตรการหาค่ากำลังไฟฟ้า

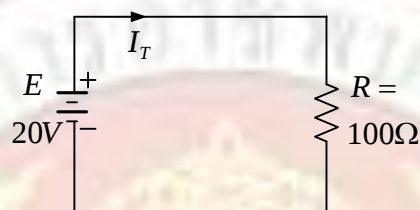
ตัวอย่างที่ ๔ จากวงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าแรงดันไฟฟ้า



(ก) การหาค่ากำลังไฟฟ้าจากค่า E และ I



(ข) การหาค่ากำลังไฟฟ้าจากค่า I และ R



(ค) การหาค่ากำลังไฟฟ้าจากค่า E และ R

วิธีทำ จากรูป(ก) และสมการที่ ๒.๔ คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรได้ดังนี้

$$P = EI = (40V)(0.4A) = 16 \text{ W}$$

จากรูป(ข) และสมการที่ ๒.๕ คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรได้ดังนี้

$$P = I^2 R = (0.10A)^2 (240\Omega) = 2.4 \text{ W}$$

จากรูป (ค) และสมการที่ ๒.๖ คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรได้ดังนี้

$$P = \frac{E^2}{R} = \frac{(20V)^2}{100\Omega} = 4 \text{ W}$$

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
คำนวณค่ากฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า	๑. คำนวณค่าความต้านทานรวม แรงดันไฟฟ้ารวม และความต้านทานภายในรวม ๒. ผู้เรียนมีคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

๕. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๒ เรื่องกฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน สอนครั้งที่ ๒ – ๓

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/หลักฐาน	เครื่องมือและวิธีการวัดผล
๒ - ๓ (๘ ชั่วโมง) ๑. กฎของโอห์ม ๒. กำลังไฟฟ้า ๓. พลังงานไฟฟ้า ๔. ประสิทธิภาพและการสูญเสียกำลังงาน	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบรายชื่อนักเรียน แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียนยกตัวอย่างการใช้งานกฎของโอห์ม ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องกฎของโอห์ม ๒. ครูอธิบายในเรื่องกำลังไฟฟ้า ๓. ครูอธิบายในเรื่องพลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพและการสูญเสียกำลังงาน ๔. มอบหมายการปฏิบัติใบงานที่ ๑ และ ใบงานที่ ๒ ๕. นักเรียนฟังครูอธิบายตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึกและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมในเว็บไซต์ http://krudirek.bspc.ac.th/ ๓. ขั้นประยุกต์ใช้ ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่อง กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงานไฟฟ้า	๑. เอกสารประกอบวิชา วงจรไฟฟ้า กระแสตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับโทรทัศน์ ๔. เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา หรือแท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน	- แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบหลังเรียน - ใบงานการทดลองที่ ๑ และใบงานการทดลองที่ ๒	- นักเรียนทดสอบแบบทดสอบหลังเรียน - สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนและประเมินลงแบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะที่พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียน

	๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๒ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และ แนะนำอย่างใกล้ชิด ๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๒ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เฉลย แบบฝึกหัด ๔.ขั้นสรุปและประเมินผล ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๒ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียนในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียนทำความสะอาด ห้องเรียน ครูดูแลการทำ ความสะอาดห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขในกลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาในการสอนครั้งต่อไป			
--	---	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๘	คะแนน
ทักษะ	๓	คะแนน
จิตพิสัย	๔	คะแนน
รวม	๑๕	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔

ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก

คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐

ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

- ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

- ผลการเรียนรู้ของนักเรียน

.....

.....

.....

- ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

.....

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. ความต้านทานรวม (R_T) ของการต่อความต้านทานแบบอนุกรม คือข้อใด

- ก. เท่ากับความต้านทานทุกตัวรวมกัน
- ข. เท่ากับตัวที่น้อยที่สุด
- ค. เท่ากับตัวที่มากที่สุด
- ง. เท่ากับครึ่งหนึ่งของตัวที่มากที่สุด

๒. ความต้านทานรวม (R_T) ของการต่อความต้านทานแบบขนานมีลักษณะตามข้อใด

- ก. เท่ากับตัวที่น้อยที่สุด
- ข. มีค่าน้อยกว่าตัวที่น้อยที่สุดที่นำมาต่อขนานกัน
- ค. เท่ากับตัวที่มากที่สุด
- ง. เท่ากับครึ่งหนึ่งของตัวที่น้อยที่สุด

๓. จากรูปความต้านทานรวม (R_T) มีค่าเท่าใด

- ก. $R_1 + R_2$
- ข. $R_1 + R_2 + R_3$
- ค. $R_1 + R_2 + R_3 + R_4$
- ง. $R_1 + (R_4 // R_3)$

๔. จากรูปในข้อที่ ๓ ถ้าความต้านทานมีค่าเท่ากันทุกตัว ๆ ละ ๑ Ω ความต้านทานรวม (R_T) มีค่าเท่าใด

- ก. ๑ Ω
- ข. ๔ Ω
- ค. ๖ Ω
- ง. ๘ Ω

๕. จากรูปความต้านทานรวม (R_T) มีค่าเท่าไร

- ก. $R_1 + R_2$
- ข. $R_1 R_2 / (R_1 + R_2)$
- ค. $(R_1 + R_2) / R_1 R_2$
- ง. $R_1 R_2$

๖. จากรูปในข้อที่ ๕ ถ้าความต้านทานมีค่าเท่ากันทุกตัว ๆ ละ ๑๐ Ω ความต้านทานรวม (R_T) มีค่าเท่าใด

- ก. ๒๐ Ω
- ข. ๑๐ Ω
- ค. ๕ Ω
- ง. ๑ Ω

๗. ความต้านทานจำนวน ๓ ตัว ๆ ละ ๒ Ω ต่อขนานกัน ความต้านทานรวม (R_T) มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๖๗ Ω
- ข. ๑.๕ Ω
- ค. ๒ Ω
- ง. ๖ Ω

จากรูปที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อที่ ๘ - ๑๐

๘. ค่าแรงดันไฟฟ้ารวม E_T มีค่าเท่าใด

- ก. ๒.๔ V

- ข. ๕ V
- ค. ๑๐ V
- ง. ๑๒ V

๙. ค่าความต้านทานภายในรวม R_{it} มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๑ Ω
- ข. ๐.๒ Ω
- ค. ๐.๔ Ω
- ง. ๐.๖ Ω

๑๐. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร I มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๔๘ A
- ข. ๒.๐๘ A
- ค. ๕ A
- ง. ๔.๑๖ A



สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
- ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
- ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
- ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
- ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินตามสภาพจริงประจำหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ เรื่อง วงจรอนุกรม จำนวน ๔ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับ วงจรอนุกรม (ด้านความรู้)
๒. เพื่อให้มีทักษะใช้งาน วงจรอนุกรม (ด้านทักษะ)
๓. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

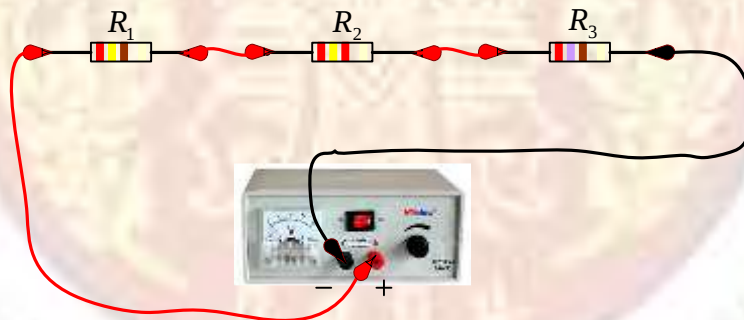
๒. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าวงจรอนุกรม

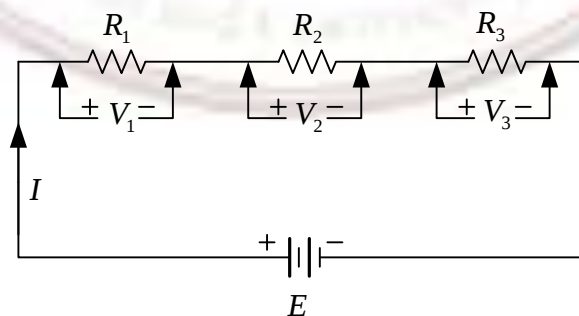
๓. เนื้อหา

๑. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

คือการเอาความต้านทานตั้งแต่ ๒ ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกัน หรือต่ออนุกรมกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรง ดังรูป โดยเริ่มจากขั้วบวกของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต่อกับต้นสายของตัวต้านทานที่ ๑ และปลายอีกด้านของตัวที่ ๑ ต่อกับต้นสายของตัวต้านทานที่ ๒ และอีกด้านของตัวที่ ๒ ต่อกับตัวต้านทานตัวต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งตัวสุดท้ายซึ่งต่อปลายกับขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง ดังรูป(ก) จะทำให้กระแสไฟฟ้ามีเส้นทางไหลทางเดียวแสดงดังรูป(ข) เราเรียกว่า วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



(ก) การต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



(ข) สัญลักษณ์วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

รูปแสดงวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

๒. คุณสมบัติวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

๒.๑ กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานทุกตัว หมายความว่ากระแสไฟฟ้าที่จุดทุกจุดในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจะมีค่าเท่ากัน

$$I = I_1 = I_2 = I_3 = \dots = I_n \quad \text{สมการ... (๔.๑)}$$

หรือจากกฎของโอห์มจะได้ $I = \frac{E}{R_T}$

เมื่อ I คือกระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)
 I_n คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว ($n = ๑, ๒, ๓ \dots$)

๒.๒ ค่าความต้านทานรวมของวงจร เป็นผลรวมของความต้านทานแต่ละตัวในวงจรนั้น ซึ่งจะทำให้ค่าความต้านทานรวมเพิ่มขึ้น

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad \text{สมการ... (๔.๒)}$$

เมื่อ R_T คือ ความต้านทานรวมของวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม(Ω)
 R_n คือ ตัวต้านทานตัวที่นำมาต่ออนุกรมกันตามลำดับ ($n = ๑, ๒, ๓ \dots$)

๒.๓ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกันของวงจรไฟฟ้าปิด เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงจ่ายให้กับวงจรนั้น ๆ

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad \text{สมการ... (๔.๓)}$$

จากกฎของโอห์ม $V_n = IR_n$

เมื่อ E คือ แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)
 V_n คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ($n = ๑, ๒, ๓ \dots$)

๒.๔ กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน จะเท่ากับกำลังไฟฟ้าของวงจรหรือกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

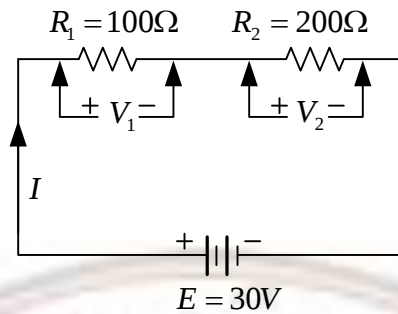
๒.๕

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad \text{สมการ... (๔.๔)}$$

กำลังไฟฟ้าหาได้จากสูตร $P_n = V_n I$

เมื่อ P_T คือ กำลังไฟฟ้ารวมของวงจร มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)
 P_n คือ กำลังไฟฟ้าที่เกิดกับตัวต้านทานแต่ละตัว ($n = ๑, ๒, ๓ \dots$)

ตัวอย่างที่ ๑ จากวงจรรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม (R_T) กระแสไฟฟ้า (I) และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว (V_1, V_2)



วิธีทำ จากสมการที่ ๔.๒ จะได้

$$R_T = R_1 + R_2 = 100\Omega + 200\Omega = 300\Omega$$

จากกฎของโอห์ม จะได้

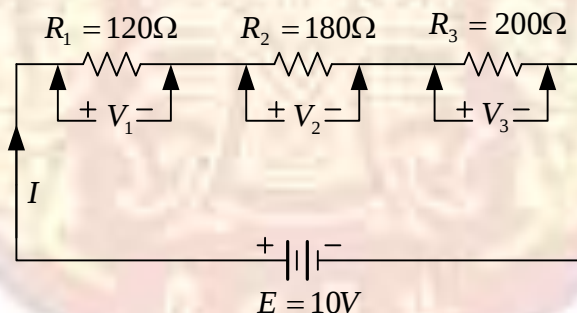
$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{30V}{300\Omega} = 0.1A$$

หาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_1, V_2 จากกฎของโอห์ม จะได้

$$V_1 = IR_1 = (0.1A)(100\Omega) = 10V$$

$$V_2 = IR_2 = (0.1A)(200\Omega) = 20V$$

ตัวอย่างที่ ๒ จากวงจรรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานและกำลังไฟฟ้ารวม



วิธีทำ ๑. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 120\Omega + 180\Omega + 200\Omega = 500\Omega$$

๒. หาค่ากระแสไฟฟ้าของวงจร

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{10V}{500\Omega} = 0.02A$$

๓. หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$V_1 = IR_1 = (0.02A)(120\Omega) = 2.4V$$

$$V_2 = IR_2 = (0.02A)(180\Omega) = 3.6V$$

$$V_3 = IR_3 = (0.02A)(200\Omega) = 4.0V$$

๔. หากำลังไฟฟ้า

$$P_1 = IV_1 = (0.02A)(2.4V) = 0.048W$$

$$P_2 = IV_2 = (0.02A)(3.6V) = 0.072W$$

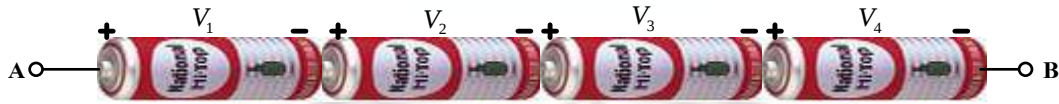
$$P_3 = IV_3 = (0.02A)(4.0V) = 0.08W$$

$$P_T = 0.048 + 0.072 + 0.08 = 0.2 \text{ W}$$

๓. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม คือการนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่อเรียงลำดับกันจากก้อนลำดับที่ ๑ ต่อก้อนลำดับที่ ๒ และต่อไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงก้อนสุดท้าย สามารถแบ่งออกเป็น ๒ ลักษณะ

๓.๑ การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรมแบบเสริมแรงดันไฟฟ้า คือการนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่อเรียงลำดับกันแบบอนุกรมลักษณะดังรูป จะทำให้ได้แรงดันไฟฟ้ารวมมากขึ้นตามจำนวนเซลล์ที่นำมาต่อ ส่วนกระแสไฟฟ้าที่ไหลจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าของเซลล์ไฟฟ้าที่มีค่าน้อยที่สุด



(ก) การนำเซลล์ไฟฟ้าจริงต่ออนุกรมกัน

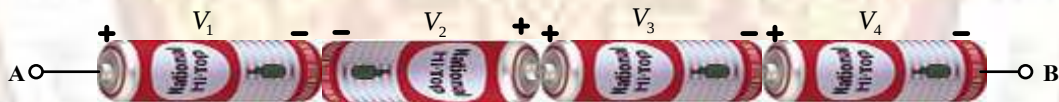


(ข) สัญลักษณ์การต่อเซลล์ไฟฟ้า

จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมที่จุด A ไปหาจุด B ดังนี้

$$V_{A-B} = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 = 1.5V + 1.5V + 1.5V + 1.5V = 6V$$

๓.๒ การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรมแบบหักล้างแรงดันไฟฟ้า คือการต่อนำเซลล์ไฟฟ้าแต่ละเซลล์มาต่ออนุกรมกันแต่บางเซลล์ไฟฟ้ามีทิศทางสวนทางกันหรือต่อขั้วเหมือนกันเข้าหากัน ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าต้องนำมาลบกันหรือหักล้างกัน ดังรูป



(ก) การนำเซลล์ไฟฟ้าจริงต่ออนุกรมกัน

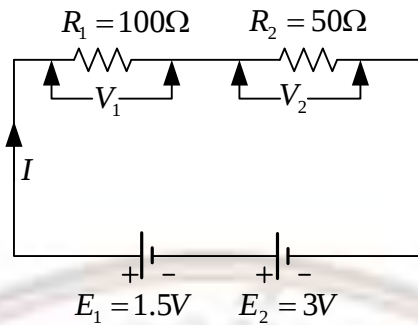


(ข) สัญลักษณ์การต่อเซลล์ไฟฟ้า

จะได้ค่าแรงดันไฟฟ้ารวมที่จุด A ไปหาจุด B ดังนี้

$$V_{A-B} = V_1 + (-V_2) + V_3 + V_4 = 1.5V + (-1.5V) + 1.5V + 1.5V = 3V$$

ตัวอย่างที่ ๔ วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม ค่าความต้านทานรวม กระแสไฟฟ้า ที่ไหลในวงจร และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 และ R_2



วิธีทำ ๑. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม จะได้

$$E_T = E_1 + E_2 = 1.5V + 3.0V = 4.5V$$

๒. ค่าความต้านทานรวม

$$R_T = R_1 + R_2 = 100\Omega + 50\Omega = 150\Omega$$

๓. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร จากกฎของโอห์มจะได้

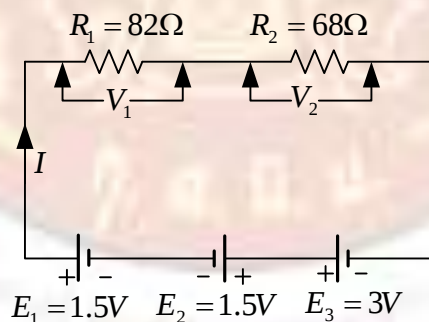
$$I = \frac{E_T}{R_T} = \frac{4.5V}{150\Omega} = 0.030A$$

๔. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน จากกฎของโอห์มจะได้

$$V_1 = IR_1 = (0.030A)(100\Omega) = 3V$$

$$V_2 = IR_2 = (0.030A)(50\Omega) = 1.5V$$

ตัวอย่างที่ ๕ วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ดังรูป จงหาคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม ค่าความต้านทานรวม กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 และ R_2



วิธีทำ

๑. หาค่าแรงดันไฟฟ้ารวม จะได้

$$E_T = E_1 + (-E_2) + E_3 = 1.5V + (-1.5V) + 3V = 3V$$

๒. ค่าความต้านทานรวม

$$R_T = R_1 + R_2 = 82\Omega + 68\Omega = 150\Omega$$

๓. กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร จากกฎของโอห์มจะได้

$$I = \frac{E_T}{R_T} = \frac{3V}{150\Omega} = 0.020A$$

๔. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน จากกฎของโอห์มจะได้

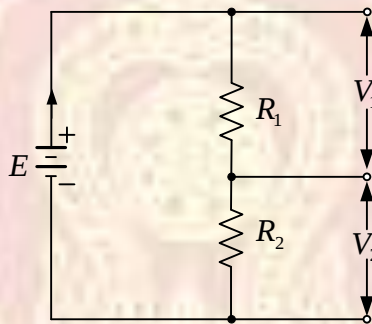
$$V_1 = IR_1 = (0.020A)(82\Omega) = 1.64V$$

$$V_2 = IR_2 = (0.020A)(68\Omega) = 1.36V$$

๔. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด (unload voltage divider)

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ไม่มีโหลด คือวงจรแบบอนุกรมทั่ว ๆ ไปนั่นเอง ซึ่งสามารถที่จะแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้หลาย ๆ ค่า เพื่อนำไปจ่ายให้แก่โหลดที่ต้องการแรงดันไฟฟ้าในระดับต่างๆ ที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งทั้งนี้แรงดันไฟฟ้าที่ถูกแบ่งทั้งหมดจะได้มาจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเพียงตัวเดียวเท่านั้น

จากรูปที่จะเห็นได้ว่าวงจรไฟฟ้าจะประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้แก่ความต้านทาน R_1 และ R_2 โดยตัวต้านทานทั้ง ๒ ตัว จะทำหน้าที่แบ่งแรงดันไฟฟ้าออกเป็นสองส่วนและทำให้ได้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตสองค่าคือ V_1 และ V_2 ซึ่งแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตทั้ง V_1 และ V_2 นี้ ได้มาจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตัวเดียวกันคือ E และสามารถคำนวณหาค่า V_1 และ V_2 ได้ดังต่อไปนี้



จากวงจรรูป จะได้

$$R_T = R_1 + R_2$$

$$I = \frac{E}{R_T}$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตัวที่ ๑ หาได้จาก

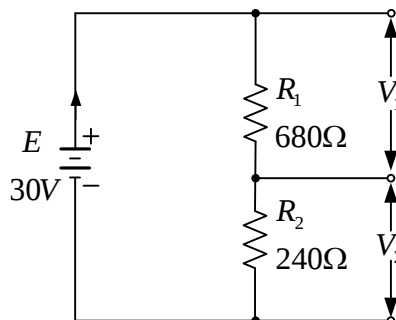
$$V_1 = IR_1 = \frac{ER_1}{R_T} = \frac{ER_1}{R_1 + R_2}$$

...สมการ (๗.๑)

$$V_2 = IR_2 = \frac{ER_2}{R_T} = \frac{ER_2}{R_1 + R_2}$$

...สมการ (๗.๒)

ตัวอย่างที่ ๑ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้างดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2 และ V_T



วิธีทำ ๑. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_T = R_1 + R_2 = 680 + 240 = 920\Omega$$

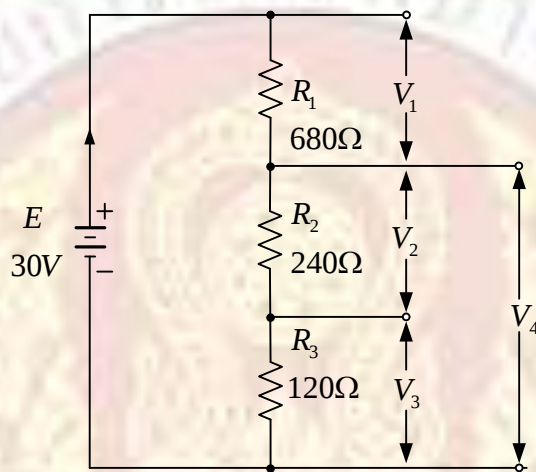
๒. ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_1, V_2 และ V_T

$$V_1 = \frac{ER_1}{R_1 + R_2} = \frac{(30V)(680\Omega)}{920\Omega} = 22.174V$$

$$V_2 = \frac{ER_2}{R_1 + R_2} = \frac{(30V)(240\Omega)}{920\Omega} = 7.826V$$

$$V_T = V_1 + V_2 = 22.174 + 7.826 = 30V$$

ตัวอย่างที่ ๒ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่าของแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2, V_3 และ V_4



วิธีทำ ๑. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 680 + 240 + 180 = 1,120\Omega$$

๒. ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_1, V_2, V_3 และ V_4

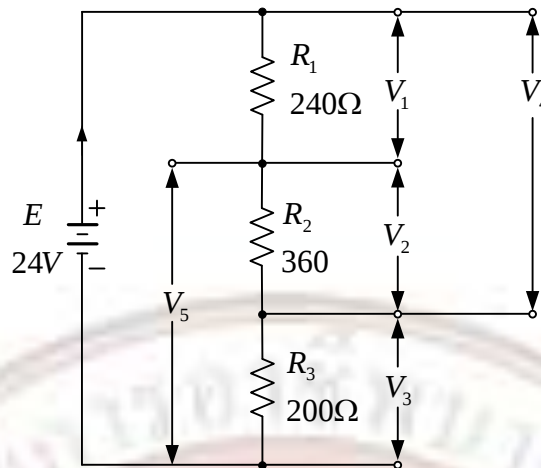
$$V_1 = \frac{ER_1}{R_T} = \frac{(30V)(680\Omega)}{1,120\Omega} = 28.545V$$

$$V_2 = \frac{ER_2}{R_T} = \frac{(30V)(240\Omega)}{1,120\Omega} = 6.545V$$

$$V_3 = \frac{ER_3}{R_T} = \frac{(30V)(180\Omega)}{1,120\Omega} = 4.909V$$

$$V_4 = V_2 + V_3 = 6.545 + 4.909 = 11.456V$$

ตัวอย่างที่ ๓ จากวงจรรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2, V_3, V_4 และ V_5



วิธีทำ ๑. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 240 + 360 + 200 = 800\Omega$$

๒. ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_1, V_2, V_3 และ V_4

$$V_1 = \frac{ER_1}{R_T} = \frac{(24V)(240\Omega)}{800\Omega} = 7.20V$$

$$V_2 = \frac{ER_2}{R_T} = \frac{(24V)(360\Omega)}{800\Omega} = 10.80V$$

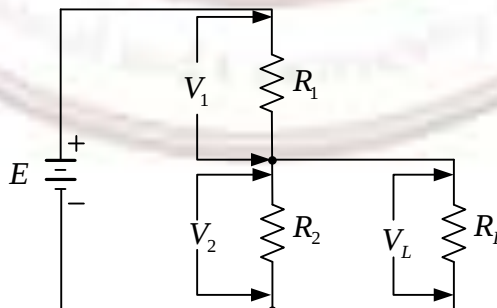
$$V_3 = \frac{ER_3}{R_T} = \frac{(24V)(200\Omega)}{800\Omega} = 6.00V$$

$$V_4 = V_1 + V_2 = 7.20 + 10.80 = 18.00V$$

$$V_5 = V_2 + V_3 = 10.80 + 6.00 = 16.80V$$

๕. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่มีโหลด

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่มีโหลด วงจรดังรูป จะพิจารณาเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง (E) มาจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเพียงตัวเดียวจะถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนด้วยความต้านทาน ทั้งนี้เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกับแรงดันไฟฟ้าที่โหลดต้องการพอดีคือ V_L ส่วน I_L ที่ไหลผ่านโหลด R_L จะหาได้โดยใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าหรือกฎของโอห์ม



จากวงจรรูป จะได้

$$R_{T1} = R_2 // R_L = \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L}$$

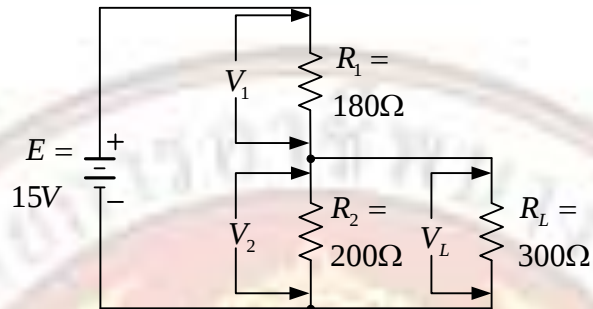
$$R_T = R_1 + R_{T1}$$

ค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน V_1, V_2 และ V_L

$$V_1 = \frac{ER_1}{R_T}$$

$$V_2 = V_L = \frac{ER_{T1}}{R_T}$$

ตัวอย่างที่ ๔ จากวงจรดังรูป จงคำนวณหาค่า V_1, V_2 และ V_L



วิธีทำ

$$R_{T1} = R_2 // R_L = \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L} = \frac{(200\Omega)(300\Omega)}{200\Omega + 300\Omega} = 120\Omega$$

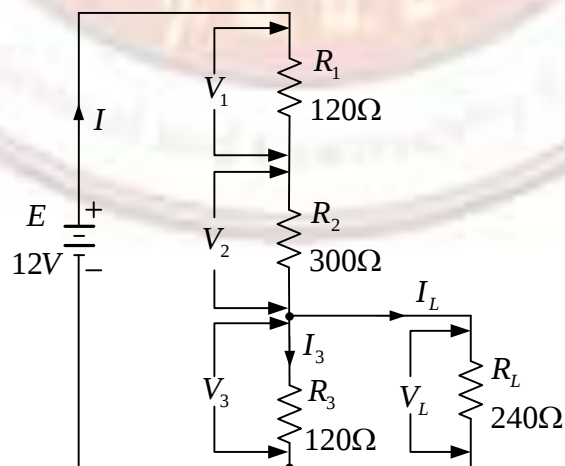
$$R_T = R_1 + R_{T1} = 180\Omega + 120\Omega = 300\Omega$$

$$V_1 = \frac{ER_1}{R_T} = \frac{(15V)(180\Omega)}{300\Omega} = 9V$$

$$V_2 = V_L = \frac{ER_{T1}}{R_T} = \frac{(15V)(120\Omega)}{300\Omega} = 6V$$

$$\text{หรือ } V_2 = V_L = E - V_1 = 15V - 9V = 6V$$

ตัวอย่างที่ ๕ จากวงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2, V_3, V_L กระแสไฟฟ้า I, I_3 และ I_L



วิธีทำ

$$R_{T1} = R_3 // R_L = \frac{R_3 R_L}{R_3 + R_L} = \frac{(120\Omega)(240\Omega)}{120\Omega + 240\Omega} = 80\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_2 + R_{T1} = 120\Omega + 300\Omega + 80\Omega = 500\Omega$$

$$V_1 = \frac{ER_1}{R_T} = \frac{(12V)(120\Omega)}{500\Omega} = 2.88V$$

$$V_2 = \frac{ER_2}{R_T} = \frac{(12V)(300\Omega)}{500\Omega} = 7.2V$$

$$V_3 = V_L = \frac{ER_{T1}}{R_T} = \frac{(12V)(80\Omega)}{500\Omega} = 1.92V$$

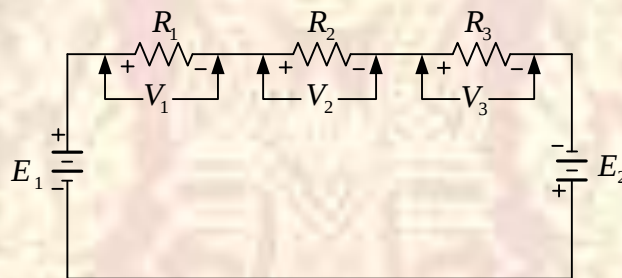
$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{12V}{500\Omega} = 0.024A$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{1.92V}{120\Omega} = 0.016A$$

$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{1.92V}{240\Omega} = 0.008A$$

๖. กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Voltage Law: KVL)

ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่จ่ายให้กับวงจร ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าตรงข้ามกับค่าของแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดเสมอ



กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรไฟฟ้าปิดใด ๆ มีหลักการว่า “ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมความต้านทานแต่ละตัวในวงจรปิดใด ๆ จะเท่ากับผลรวมของแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้านั้น ”

จากวงจรไฟฟ้าดังรูปที่กำหนดให้ จะได้

$$V_1 + V_2 + V_3 = E_1 + E_2$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - E_1 - E_2 = 0$$

สามารถเขียนใหม่ได้ว่า

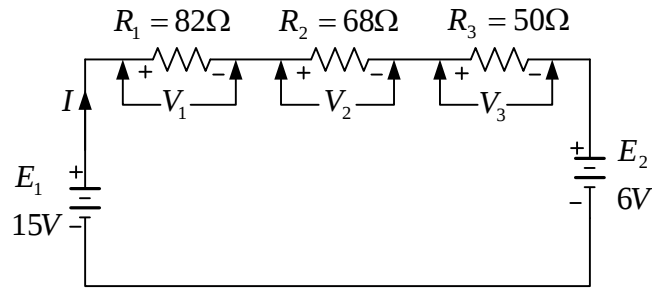
$$\sum V + \sum E = 0$$

$$\sum IR + \sum emf = 0$$

$$(IR_1 + IR_2 + IR_3) - (E_1 + E_2) = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - E_1 - E_2 = 0$$

ตัวอย่างที่ ๑ จากวงจรรูป จงใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์หาค่าแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2 และ V_3



วิธีทำ หาค่าความต้านทานรวม (R_T)

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 82\Omega + 68\Omega + 50\Omega = 200\Omega$$

แรงดันไฟฟ้ารวมที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า (E_T)

$$\sum E = E_1 + (-E_2) = 15V + (-6V) = 9V$$

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว โดยใช้กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้างี้

$$V_1 = \frac{E_T R_1}{R_T} = \frac{(9V)(82\Omega)}{200\Omega} = 3.69V$$

$$V_2 = \frac{E_T R_2}{R_T} = \frac{(9V)(68\Omega)}{200\Omega} = 3.06V$$

$$V_3 = \frac{E_T R_3}{R_T} = \frac{(9V)(50\Omega)}{200\Omega} = 2.25V$$

$$\sum V = V_1 + V_2 + V_3 = 3.69V + 3.06V + 2.25V = 9V$$

จากกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL)

$$\sum V + \sum E = 0$$

$$V_1 + V_2 + V_3 - E_1 + E_2 = 0$$

$$9V - 9V = 0V$$

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าวงจรอนุกรม	แสดงการคำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าวงจรอนุกรม

๕. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๓ เรื่องวงจรอนุกรม สอนครั้งที่ ๔/๑๘

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/หลักฐาน	เครื่องมือและวิธีการวัดผล
๔ - ๕ (๘ ชั่วโมง) ๑. วงจรอนุกรม ๒. การต่อแหล่งจ่ายแบบอนุกรม ๓. กฎแรงดันของเคอร์ซอพฟ์ ๔. กฎการแบ่งแรงดัน	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบรายชื่อนักเรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียนยกตัวอย่างการใช้งานกฎของโอห์ม ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องวงจรอนุกรม ๒. ครูอธิบายในเรื่องการต่อแหล่งจ่ายแบบอนุกรม ๓. ครูอธิบายในเรื่องกฎแรงดันของเคอร์ซอพฟ์และกฎการแบ่งแรงดัน ๔. มอบหมายการปฏิบัติใบงานที่ ๓ และ ใบงานที่ ๔ ๕. นักเรียนฟังครูอธิบายตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึกและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมในเว็บไซด์ http://krudirek.bspc.ac.th/ ๓. ขั้นประยุกต์ใช้ ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่องวงจรอนุกรม ๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๓ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และแนะนำอย่างใกล้ชิด ๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๓ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เฉลย แบบฝึกหัด	๑. เอกสารประกอบวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับโทรทัศน์ ๔. เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาหรือแท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน	- แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบหลังเรียน - ใบงานการทดลองที่ ๓ และ ใบงานการทดลองที่ ๔	- นักเรียนทดสอบแบบทดสอบหลังเรียน - สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนและประเมินลงแบบประเมินด้านคุณธรรมจริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียน

๔.ขั้นสรุปและประเมินผล

๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้
พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า

๒. ให้ทำแบบทดสอบหลัง
เรียน หน่วยที่ ๓ ในระบบ

Google Classroom

๓. มอบหมายให้ไปศึกษา
เนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียน
ในครั้งต่อไป

๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำ
ความสะอาด ห้องเรียน ครู
ดูแลการทำ ความสะอาด
ห้องเรียน

๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อ
นำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขใน
กลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลใน
การแก้ปัญหาในการสอนครั้ง
ต่อไป

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๔	คะแนน
ทักษะ	๓	คะแนน
จิตพิสัย	๓	คะแนน
รวม	๑๐	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ ๓ วงจรอนุกรม

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. คุณลักษณะที่เด่นชัดที่สุดของวงจรอนุกรม คือข้อใด

- ก. แรงดันไฟฟ้าเท่ากันทั้งวงจร
- ข. กระแสไฟฟ้ามีเพียงค่าเดียวเท่ากันทั้งวงจร
- ค. กำลังไฟฟ้ามีเพียงค่าเดียวเท่ากันทั้งวงจร
- ง. กระแสไฟฟ้าไหลได้หลายทิศทาง

๒. วงจรอนุกรมเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าอะไร

- ก. วงจรบริดจ์
- ข. วงจรคร่อม
- ค. วงจรอันดับ
- ง. วงจรเฉียง

จากรูปที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อที่ ๓ - ๖

๓. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน 1Ω มีค่าเท่าใด

- ก. 0.5 A
- ข. 1 A
- ค. 2 A
- ง. 3 A

๔. กระแสไฟฟ้าที่ผ่านความต้านทาน 3Ω มีค่าเท่าใด

- ก. 2 A
- ข. 1.5 A
- ค. 1 A
- ง. 0.5 A

๕. กระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจร (I) มีค่าเท่าใด

- ก. 1 A
- ข. 2 A
- ค. 3 A
- ง. 6 A

๖. ความต้านทานรวม (R_T) ของวงจรมีค่าเท่าใด

- ก. 3Ω
- ข. 4Ω
- ค. 5Ω
- ง. 6Ω

๗. กระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจร (I) มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๑ A
- ข. ๑ A
- ค. ๒ A
- ง. ๓ A

๘. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ความต้านทาน ๒ Ω มีค่าเท่าใด

- ก. ๑ V
- ข. ๑.๕ V
- ค. ๒ V
- ง. ๓ V

๙. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ความต้านทาน ๓ Ω มีค่าเท่าใด

- ก. ๒ V
- ข. ๒.๕ V
- ค. ๓ V
- ง. ๕ V

๑๐. กำลังไฟฟ้าที่ความต้านทาน ๕ Ω มีค่าเท่าใด

- ก. ๕ W
- ข. ๑๐ W
- ค. ๑๓ W
- ง. ๑๕ W



สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
 - ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
 - ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
 - ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
 - ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินตามสภาพจริงประจำหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๔ เรื่อง วงจรขนาน จำนวน ๘ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับ วงจรขนาน (ด้านความรู้)
๒. เพื่อให้มีทักษะใช้งาน วงจรขนาน (ด้านทักษะ)
๓. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

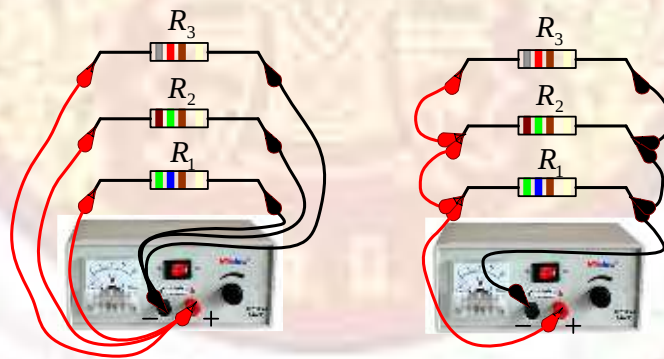
๒. สมรรถนะประจำหน่วย

คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟของวงจรขนาน

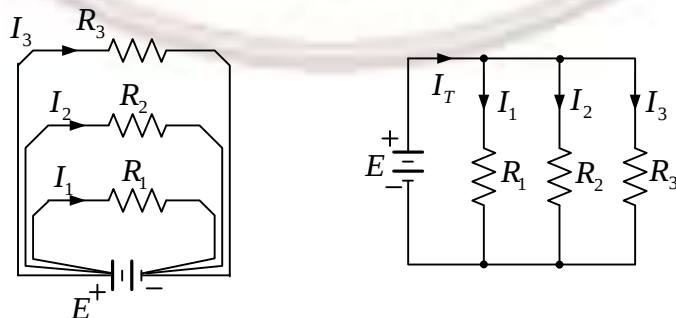
๓. เนื้อหา

๑. วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

วงจรไฟฟ้าแบบขนานคือวงจรไฟฟ้าที่นำตัวต้านทานตั้งแต่ ๒ ตัวขึ้นไปมาต่อรวมกันในระหว่างจุดสองจุด โดยต่อปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุกตัวต่อรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง และให้ปลายอีกข้างหนึ่งต่อรวมกันอีกที่จุด ๆ หนึ่ง ดังรูปที่ (ก) โดยนำตัวต้านทานจำนวน ๓ ตัวมาต่อขนานกันที่จุดขั้วบวกกับจุดขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า กระแสตรง และเขียนสัญลักษณ์ทางไฟฟ้าได้ดังรูปที่ (ข) เมื่อพิจารณาวงจรไฟฟ้าแบบขนาน จะเห็นได้ว่า แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง และ กระแสไฟฟ้าจะไหลตามจำนวนของตัวต้านทานที่นำมาต่อขนานกัน



(ก) การต่อตัวต้านทานแบบขนานกับแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า



(ข) สัญลักษณ์วงจรไฟฟ้า

รูป การต่อวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

๒. คุณสมบัติวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

คุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน สามารถสรุปได้ดังนี้

๑. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรไฟฟ้าแบบขนานมีค่าเท่ากัน โดยมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

$$E = V_1 = V_2 = V_3 = \dots = V_n \quad \text{สมการ... (๕.๑)}$$

เมื่อ E คือ แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นโวลต์ (V)

V_n คือ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ($n = ๑, ๒, ๓, \dots$)

๒. ค่าความต้านทานรวม (R_T) ของตัวต้านทานจำนวนหลายตัวต่อขนานกัน หาได้จากสูตร

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}} \quad \text{สมการ... (๕.๒)}$$

ค่าความต้านทานรวม (R_T) ของตัวต้านทาน ๒ ตัวต่อขนานกัน หาได้จากสูตร

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{สมการ... (๕.๓)}$$

ค่าความต้านทานรวม (R_T) ของตัวต้านทานจำนวน n ตัวต่อขนานและมีค่าเท่ากัน หาได้จากสูตร

$$R_T = \frac{R_1}{n} = \frac{R_2}{n} = \dots = \frac{R_n}{n} \quad \text{สมการ... (๕.๔)}$$

เมื่อ R_T คือ ความต้านทานรวมของวงจร มีหน่วยเป็นโอห์ม (Ω)

R_n คือ ตัวต้านทานตัวที่นำมาต่อขนานกัน ($n = ๑, ๒, ๓, \dots$)

๓. ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวที่ต่อขนานกัน จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n \quad \text{สมการ... (๕.๕)}$$

หรือจากกฎของโอห์มจะได้ $I_T = \frac{E}{R_T}$ และ $I_n = \frac{E}{R_n}$

เมื่อ I_T คือ กระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง มีหน่วยเป็นแอมป์ (A)

I_n คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่ n ($n = ๑, ๒, ๓, \dots$)

๔. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน จะเท่ากับกำลังไฟฟ้าของวงจรหรือกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

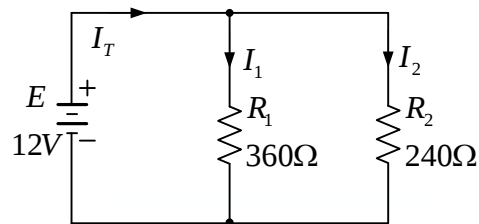
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n \quad \text{สมการ... (๕.๖)}$$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นบนตัวต้านทานแต่ละตัว หาได้จากสูตร $P_n = V_n I$

เมื่อ P_T คือ กำลังไฟฟ้ารวมของวงจร มีหน่วยเป็นวัตต์ (W)

P_n คือ กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับตัวต้านทานแต่ละตัว ($n = ๑, ๒, ๓, \dots$)

ตัวอย่างที่ ๑ จากรูป จงหาคำนวนหาค่าความต้านทานรวม (R_T) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว และกระแสไฟฟ้าทั้งหมด



วิธีทำ

๑. หาค่าความต้านทานรวมจากสมการที่ ๕.๓ ดังนี้

$$R_T = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(360\Omega)(240\Omega)}{360\Omega + 240\Omega} = \frac{86,400\Omega^2}{600\Omega} = 144\Omega$$

๒. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวดังนี้

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{12V}{360\Omega} = 0.033333A = 33.333mA$$

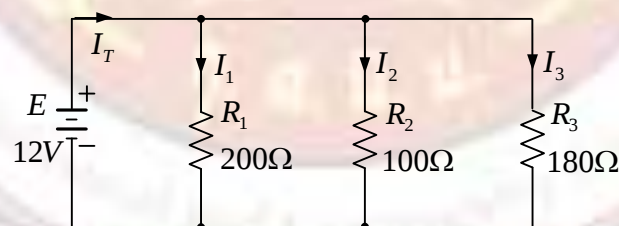
$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{12V}{240\Omega} = 0.050A = 50mA$$

๓. กระแสไฟฟ้าทั้งหมด

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12V}{144\Omega} = 0.083333A = 83.333mA$$

หรือ $I_T = I_1 + I_2 = 0.033333A + 0.050A = 0.083333A$

ตัวอย่างที่ ๒ จากรูป จงหาคำนวนหาค่าความต้านทานรวม (R_T) กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว และกระแสไฟฟ้ารวม และกำลังไฟฟ้ารวม



วิธีทำ

๑. หาค่าความต้านทานรวมจากสมการที่ ๕.๒ ดังนี้

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{200\Omega} + \frac{1}{100\Omega} + \frac{1}{180\Omega}}$$

$$= \frac{1}{0.005S + 0.01S + 0.005556S} = \frac{1}{0.020556S}$$

$$R_T = 48.6486\Omega$$

๒. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวดังนี้

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{12V}{200\Omega} = 0.060 A = 60mA$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{12V}{100\Omega} = 0.120 A = 120mA$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{12V}{180\Omega} = 0.066667 A = 66.667mA$$

๓. กระแสไฟฟ้าทั้งหมด

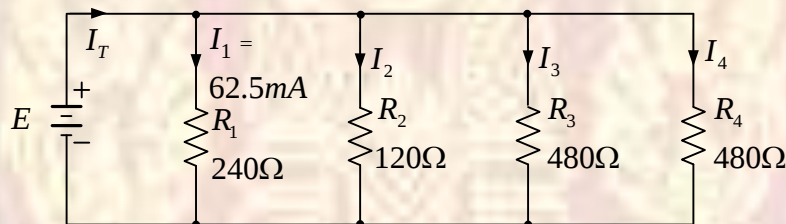
$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12V}{48.6486\Omega} = 0.246667 A = 246.667mA$$

หรือ $I_T = I_1 + I_2 + I_3 = 0.060 A + 0.120 A + 0.066667 A = 0.246667 A$

๔. กำลังไฟฟ้ารวม

$$P_T = EI = (12V)(0.246667 A) = 2.96W$$

ตัวอย่างที่ ๓ จากวงจร จงคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง กระแสไฟฟ้า I_2, I_3, I_4 และ I_T กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟ้ารวม (P_T)



วิธีทำ ๑. หาค่าแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง จากคุณสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบขนานจะได้

$$E = V_1 = IR_1 = (0.0625 A)(240\Omega) = 15V$$

๒. หาค่ากระแสไฟฟ้า I_2, I_3, I_4 และ I_T จะได้

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{15V}{120\Omega} = 0.125 A$$

$$I_3 = \frac{E}{R_3} = \frac{15V}{480\Omega} = 0.03125 A$$

$$I_4 = \frac{E}{R_4} = \frac{15V}{480\Omega} = 0.03125 A$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$$

$$= 0.0625 A + 0.125 A + 0.03125 A + 0.03125 A$$

$$I_T = 0.25 A$$

๓. หาค่ากำลังไฟฟ้ารวม จะได้

$$P_1 = EI_1 = (15V)(0.0625A) = 0.9375W$$

$$P_2 = EI_2 = (15V)(0.125A) = 1.875W$$

$$P_3 = EI_3 = (15V)(0.03125A) = 0.46875W$$

$$P_4 = EI_4 = (15V)(0.03125A) = 0.46875W$$

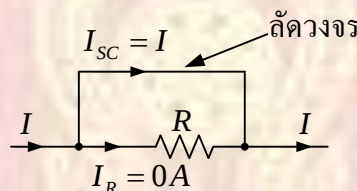
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 = 0.937 + 1.875 + 0.46875 + 0.46875 = 3.75W$$

หรือ

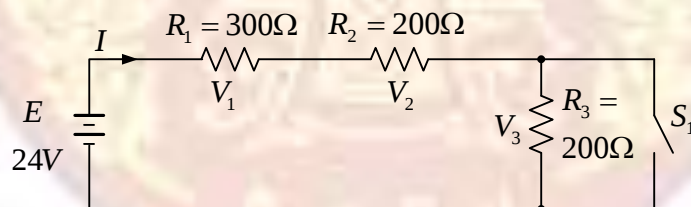
$$P_T = EI_T = (15V)(0.25A) = 3.75W$$

๓. การลัดวงจร (Short Circuit)

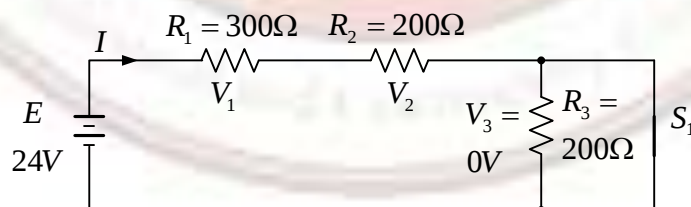
การลัดวงจรหมายถึงการที่ตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าถูกลัดวงจร โดยตัวอุปกรณ์ที่ลัดวงจรจะเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ไม่มีความต้านทาน (ความต้านทานเท่ากับ ๐ โอห์ม) เช่นสายตัวนำไฟฟ้า สวิตช์ เป็นต้น จากคุณสมบัติของกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่มีความต้านทานน้อยได้เป็นจำนวนมาก เมื่อมีการลัดวงจรที่ตัวต้านทานด้วยสายตัวนำไฟฟ้างดรูปที่ ๕.๕ ซึ่งไม่มีค่าความต้านทาน กระแสไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ไหลเข้ามาที่ส่วนนี้ จะไม่ไหลผ่านตัวต้านทานตัวที่ถูกลัดวงจรนั้น แต่จะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจรทั้งหมด ด้วยเพราะมีความต้านทานน้อยกว่าตัวต้านทานตัวนั้น



ตัวอย่างที่ ๔ จากวงจร จงหากระแสไฟฟ้ารวม และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $R_3 = 200\Omega$ เมื่อสวิตช์ S_1 อยู่ที่ตำแหน่งเปิดและปิดวงจร ตามลำดับ



ก) สวิตช์ S_1 อยู่ที่ตำแหน่งเปิดวงจร



ข) สวิตช์ S_1 อยู่ที่ตำแหน่งปิดวงจร

วิธีทำ

ก) จากรูปที่ ๕.๖ ก) แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงต่ออนุกรมกับตัวต้านทานทั้งสามตัว

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 = 300 + 200 + 200 = 700\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{24V}{700\Omega} = 0.034286 A$$

$$V_3 = IR_3 = (0.034286 A)(200\Omega) = 6.857V$$

ข) จากรูปที่ ๕.๖ ข) ตัวต้านทาน R_3 ถูกลัดวงจรด้วยสวิตช์ กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านสวิตช์ที่มีค่าความต้านทาน 0Ω เมื่อหาความต้านทานรวมระหว่าง R_3 ขนานกับสวิตช์จะได้เท่ากับ 0Ω

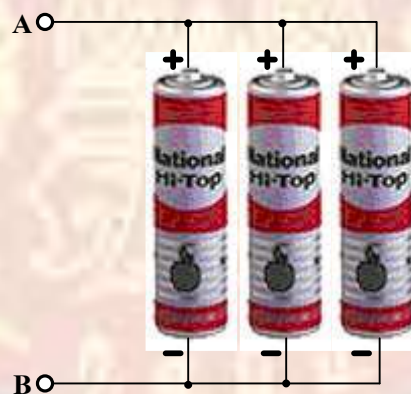
$$R_T = R_1 + R_2 + (R_3 // 0) = 300 + 200 + 0 = 500\Omega$$

$$I = \frac{E}{R_T} = \frac{24V}{500\Omega} = 0.048 A$$

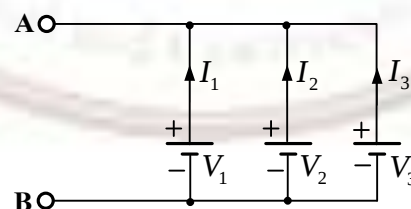
$$V_3 = IR_3 = (0.048 A)(0\Omega) = 0V$$

๔. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน เป็นการนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่อรวมกันที่จุด ๒ จุด ดังรูป โดยต่อขั้วบวกของทุกเซลล์ไว้ที่จุด A และต่อขั้วลบของทุกเซลล์ไว้ที่จุด B แรงดันไฟฟ้าที่ระหว่างจุด A กับ B เท่ากับแรงดันไฟฟ้าของเซลล์ตัวใดตัวหนึ่ง ดังนั้นการต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนานต้องนำเซลล์ไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟฟ้าเท่ากันมาต่อขนานกัน ส่วนกระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลในวงจรจะเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากเซลล์ไฟฟ้าแต่ละเซลล์ที่ต่อกันแบบขนาน ช่วยกันจ่ายกระแสไฟฟ้าออกมา และกำลังไฟฟ้าในวงจรจะเพิ่มขึ้น



(ก) การนำเซลล์ไฟฟ้ามาต่อขนานกัน

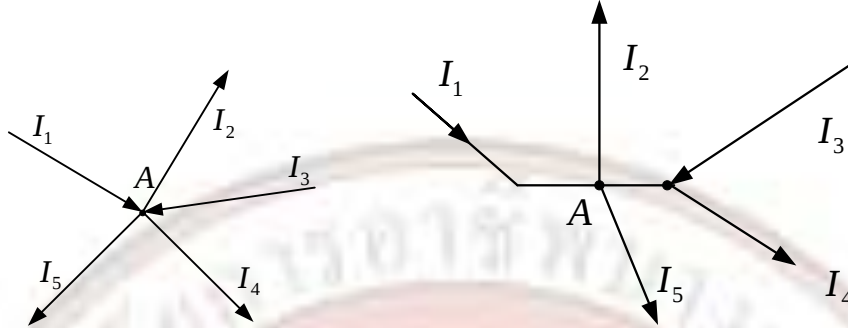


(ข) สัญลักษณ์การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

รูป การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน

๕. กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff Current Law: KCL)

เป็นการกล่าวถึงการไหลเข้าหรือออกของกระแสไฟฟ้าจากจุด ๆ หนึ่งในวงจรไฟฟ้า โดยมีหลักการว่า “กระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าสู่จุดต่อรวมใด ๆ ในวงจรไฟฟ้าจะเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดนั้นหรือผลรวมทางพีชคณิตระหว่างกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าจุดต่อใด ๆ ในวงจรไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากจุดนั้นมีค่าเท่ากับศูนย์”



(ก) จุดต่อ A แบบที่ ๑

(ข) จุดต่อ A แบบที่ ๒

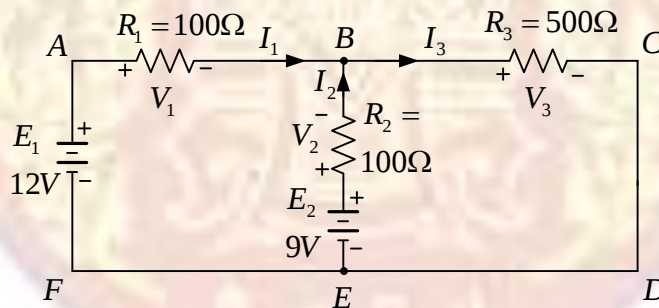
จากรูปที่ (ก) และ (ข) ที่จุด A ผลรวมกระแสไฟฟ้าไหลเข้า เท่ากับผลรวมกระแสไฟฟ้าที่ไหลออก จะได้

$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$$

หรือ $I_1 + I_3 - I_2 - I_4 - I_5 = 0$

$$\sum I = 0$$

ตัวอย่างที่ ๕ จากวงจรรูปที่ ๖ จงใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์หากระแสไฟฟ้า I_1, I_2, I_3



วิธีทำ วงจรไฟฟ้างี้พิจารณาจุด B จากกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) ผลรวมกระแสไฟฟ้าไหลเข้า เท่ากับผลรวมกระแสไฟฟ้าที่ไหลออก ดังนั้นจะได้

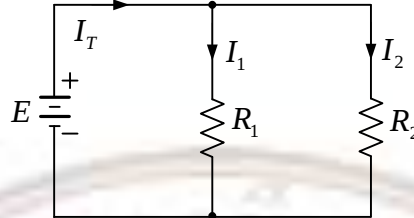
$$I_1 + I_2 = I_3$$

เมื่อกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าแล้ว จะเห็นได้ว่ากระแสไฟฟ้า I_1 ไหลออกจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_1 = 12V$ ผ่านตัวต้านทาน R_1 กระแสไฟฟ้า I_2 ไหลออกจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_2 = 9V$ ผ่านตัวต้านทานตัวต้านทาน R_2 กระแสไฟฟ้า I_3 ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3

๖. วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

๖.๑ วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าที่มี ๒ สาขา

วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าจะนำไปใช้แก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน เนื่องจากในวงจรไฟฟ้าแบบขนานมีจำนวนกระแสไฟฟ้าไหลไม่เท่ากัน จึงแบ่งการไหลตามพิกัดความต้านทานของไหลนั้น ๆ ถ้าใช้กฎของโอห์มแก้ปัญหาจะทำให้ซ้ำ จึงใช้วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าแทน



จากรูป จะเห็นได้ว่าตัวต้านทาน ๒ ตัวต่อขนานกัน หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

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

จากกฎของโอห์ม สามารถหากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดดังนี้

$$I_1 = \frac{E}{R_1}, \quad I_2 = \frac{E}{R_2} \quad \text{และ} \quad E = I_T R_T$$

ดังนั้น

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{I_T R_T}{R_1} = \left(\frac{I_T}{R_1} \right) \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = \frac{I_T R_2}{R_1 + R_2} \quad \text{..สมการ(๑)}$$

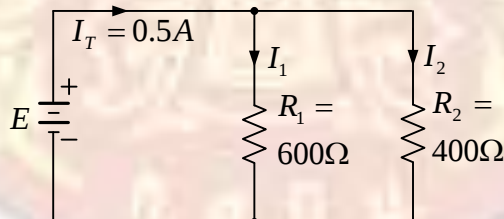
และ

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{I_T R_T}{R_2} = \left(\frac{I_T}{R_2} \right) \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = \frac{I_T R_1}{R_1 + R_2} \quad \text{..สมการ(๒)}$$

หรือ

$$I_2 = I_T - I_1 \quad \text{..สมการ(๓)}$$

ตัวอย่างที่ ๖ จากวงจรรูป จงคำนวณหาค่า R_T , I_1 , I_2 และ E เมื่อมี $I_T = 0.5A$



วิธีทำ

๑. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(600\Omega)(400\Omega)}{600\Omega + 400\Omega} = 240\Omega$$

๒. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา

$$I_1 = \frac{I_T R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(0.5A)(400\Omega)}{600\Omega + 400\Omega} = 0.20A$$

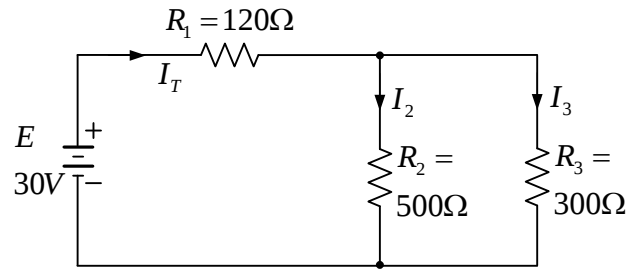
$$I_2 = \frac{I_T R_1}{R_1 + R_2} = \frac{(0.5A)(600\Omega)}{600\Omega + 400\Omega} = 0.30A$$

หรือ $I_2 = I_T - I_1 = 0.5A - 0.2A = 0.30A$

๓. แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด จากกฎของโอห์ม

$$E = I_T R_T = (0.5A)(240\Omega) = 12V$$

ตัวอย่างที่ ๗ จากวงจรรูปจงคำนวณหาค่า R_T, I_T, I_2, I_3



วิธีทำ ๑. หาค่าความต้านทานรวม (R_T)

$$R_{T1} = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(500\Omega)(300\Omega)}{500\Omega + 300\Omega} = 187.5\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{T1} = 120\Omega + 187.5\Omega = 307.5\Omega$$

๒. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) จากกฎของโอห์ม ดังนี้

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{30V}{307.5\Omega} = 0.097561A$$

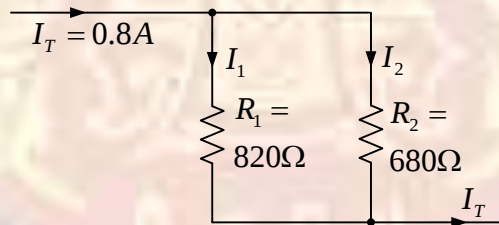
๓. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา (I_2, I_3)

$$I_2 = \frac{I_T R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(0.097561A)(300\Omega)}{500\Omega + 300\Omega} = 0.036585A$$

$$I_3 = \frac{I_T R_2}{R_2 + R_3} = \frac{(0.097561A)(500\Omega)}{500\Omega + 300\Omega} = 0.060976A$$

หรือ $I_3 = I_T - I_2 = 0.097561A - 0.036585A = 0.060976A$

ตัวอย่างที่ ๘ จากวงจรรูป จงคำนวณหาค่า I_1, I_2



วิธีทำ จากสูตร

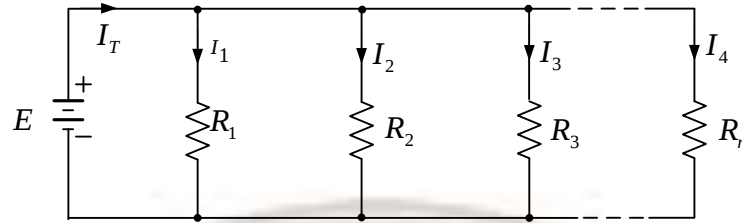
$$I_1 = \frac{I_T R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(0.8A)(680\Omega)}{820\Omega + 680\Omega} = 0.362667A$$

$$I_2 = \frac{I_T R_1}{R_1 + R_2} = \frac{(0.8A)(820\Omega)}{820\Omega + 680\Omega} = 0.437333A$$

หรือ $I_2 = I_T - I_1 = 0.8A - 0.362667A = 0.437333A$

๖.๒ วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าที่มีมากกว่า ๒ สาขา

วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าที่มีมากกว่า ๒ สาขา จะนำไปใช้แก้ปัญหาในวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ที่การต่อตัวต้านทานตั้งแต่ ๓ ตัวขึ้นไป จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรไฟฟ้าจะเท่ากับจำนวนที่ตัวต้านทานต่อขนานกัน ดังรูป



จากรูป จะเห็นว่าตัวต้านทานจำนวน n ตัวต่อขนานกัน หาค่าความต้านทานรวมได้ดังนี้

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

จากกฎของโอห์ม สามารถหากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดดังนี้

$$I_1 = \frac{E}{R_1}, \quad I_2 = \frac{E}{R_2}, \quad I_n = \frac{E}{R_n} \quad \text{และ} \quad E = I_T R_T$$

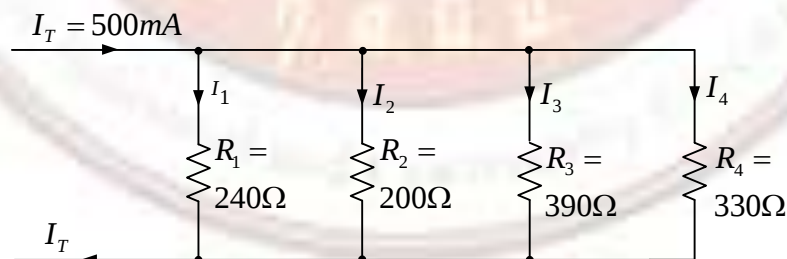
กระแสไฟฟ้าแต่ละสาขาคำนวณได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{I_T R_T}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{E}{R_2} = \frac{I_T R_T}{R_2}$$

$$\text{ดังนั้น} \quad I_n = \frac{E}{R_n} = \frac{I_T R_T}{R_n} \quad \dots \text{สมการ (๘.๔)}$$

ตัวอย่างที่ ๘ จงคำนวณหาค่า I_1, I_2, I_3 และ I_4 ในวงจรรูป โดยวิธีแบ่งกระแสไฟฟ้า



วิธีทำ ๑. หาค่าความต้านทานรวม (R_T)

$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = \frac{1}{\frac{1}{240} + \frac{1}{200} + \frac{1}{390} + \frac{1}{330}}$$

$$= \frac{1}{0.004167 + 0.005 + 0.002564 + 0.00303}$$

$$= \frac{1}{0.014761}$$

$$R_T = 67.746\Omega$$

๒. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา (I_1, I_2, I_3, I_4) โดยใช้สูตรสมการที่

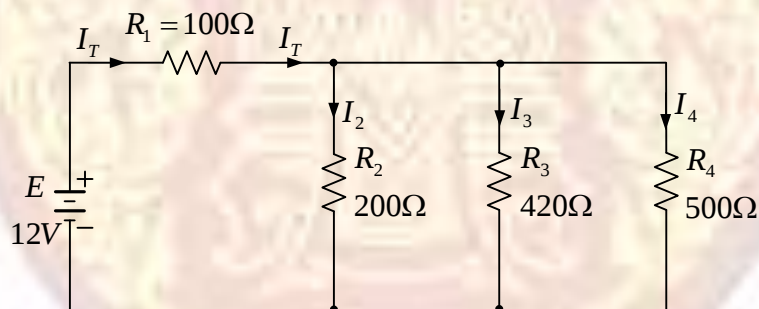
$$I_1 = \frac{I_T R_T}{R_1} = \frac{(0.5A)(67.746\Omega)}{240\Omega} = 0.141137 A = 141.137mA$$

$$I_2 = \frac{I_T R_T}{R_2} = \frac{(0.5A)(67.746\Omega)}{200\Omega} = 0.169364 A = 169.364mA$$

$$I_3 = \frac{I_T R_T}{R_3} = \frac{(0.5A)(67.746\Omega)}{390\Omega} = 0.1086854 A = 86.854mA$$

$$I_4 = \frac{I_T R_T}{R_4} = \frac{(0.5A)(67.746\Omega)}{330\Omega} = 0.102645 A = 102.645mA$$

ตัวอย่างที่ ๑๐ วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานแต่ละตัว



วิธีทำ

$$R_{T1} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} = \frac{1}{\frac{1}{200} + \frac{1}{420} + \frac{1}{500}}$$

$$= \frac{1}{0.005 + 0.002128 + 0.002}$$

$$= \frac{1}{0.009128}$$

$$R_{T1} = 109.557\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{T1} = 100 + 109.557 = 209.557\Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12V}{209.557\Omega} = 0.057264 A$$

$$I_2 = \frac{I_T R_{T1}}{R_2} = \frac{(0.057264 A)(109.557\Omega)}{200\Omega} = 0.031368 A = 31.368mA$$

$$I_3 = \frac{I_T R_{T1}}{R_3} = \frac{(0.057264 \text{ A})(109.557 \Omega)}{420 \Omega} = 0.013348 \text{ A} = 13.348 \text{ mA}$$

$$I_4 = \frac{I_T R_{T1}}{R_4} = \frac{(0.057264 \text{ A})(109.557 \Omega)}{500 \Omega} = 0.012547 \text{ A} = 12.547 \text{ mA}$$

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าของวงจรขนาน	คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังไฟฟ้าของวงจรขนาน

๕. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๔ เรื่องวงจรขนาน สอนครั้งที่ ๖ - ๗ / ๑๘

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/หลักฐาน	เครื่องมือและวิธีการวัดผล
๖ - ๗ (๘ ชั่วโมง) ๑. วงจรขนาน ๒. การต่อแหล่งจ่ายแบบขนาน ๓. กฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ ๔. กฎการแบ่งกระแส	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบรายชื่อนักเรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียนยกตัวอย่างการใช้งานวงจรขนาน ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องวงจรขนาน ๒. ครูอธิบายในเรื่องการต่อแหล่งจ่ายแบบขนาน ๓. ครูอธิบายในเรื่องกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์และกฎการแบ่งแรงดัน ๔. มอบหมายการปฏิบัติใบงานที่ ๕ ๕. นักเรียนฟังครูอธิบายตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึกและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมในเว็บไซด์ http://krudirek.bspc.ac.th/ ๓. ขั้นประยุกต์ใช้ ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่องวงจรอนุกรม	๑. เอกสารประกอบวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับโทรทัศน์ ๔. เครื่องคอมพิวเตอร์พกพา หรือแท็บเล็ต หรือสมาร์ตโฟน	- แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบหลังเรียน - ใบงานการทดลองที่ ๕	- นักเรียนทดสอบแบบทดสอบหลังเรียน - สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนและประเมินลงแบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียน

	๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๔ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และแนะนำอย่างใกล้ชิด ๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๔ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เฉลย แบบฝึกหัด <u>๔.ขั้นสรุปและประเมินผล</u> ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ ๔ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียนในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำความสะอาด ห้องเรียน ครูดูแลการทำความสะอาดห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขในกลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาในการสอนครั้งต่อไป			
--	--	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๔	คะแนน
ทักษะ	๓	คะแนน
จิตพิสัย	๓	คะแนน
รวม	๑๐	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ ๔ วงจรขนาน

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. คุณลักษณะที่เด่นชัดที่สุดของวงจรขนาน คือข้อใด

- ก. กระแสไฟฟ้าเท่ากันทั้งวงจร
- ข. แรงดันไฟฟ้ามีเพียงค่าเดียวกันทั้งวงจร
- ค. กำลังไฟฟ้ามีค่าต่ำกว่าวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- ง. กำลังไฟฟ้ารวมของวงจรมีค่าเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟ

๒. ความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่าใด

- ก. ๑ Ω
- ข. ๑.๒ Ω
- ค. ๒ Ω
- ง. ๕ Ω

๓. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๑ A
- ข. ๐.๒ A
- ค. ๐.๔ A
- ง. ๐.๕ A

๔. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๑ A
- ข. ๐.๓ A
- ค. ๐.๔ A
- ง. ๐.๖ A

๕. กระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจร มีค่าเท่าใด

- ก. ๓ A
- ข. ๒ A
- ค. ๑.๒ A
- ง. ๑ A

๖. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

- ก. ๑ mA
- ข. ๒ A
- ค. ๓ A
- ง. ๓.๕ A

๗. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

- ก. ๑ A
- ข. ๒ A
- ค. ๓.๕ A
- ง. ๕ mA

๘. กระแสไฟฟ้า I_m มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๒ A
- ข. ๐.๕ mA
- ค. ๑.๕ A
- ง. ๒.๕ A

๙. ความต้านทานรวม มีค่าเท่าใด

- ก. ๓.๐๗ $k\Omega$
- ข. ๑๗.๓๓ $k\Omega$
- ค. ๑๓.๓๓ $k\Omega$
- ง. ๔ $k\Omega$

๑๐. กระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจรมีค่าเท่าใด

- ก. ๔ A
- ข. ๔.๕ A
- ค. ๖.๕ mA
- ง. ๘.๒ mA



สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
 - ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
 - ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
 - ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
 - ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินตามสภาพจริงประจำหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๕ เรื่อง วงจรผสม จำนวน ๘ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับ วงจรผสม (ด้านความรู้)
๒. เพื่อให้มีทักษะใช้งาน วงจรผสม (ด้านทักษะ)
๓. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง สำเร็จ ภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

๒. สมรรถนะประจำหน่วย

๑. คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังฟ้าของวงจรผสม

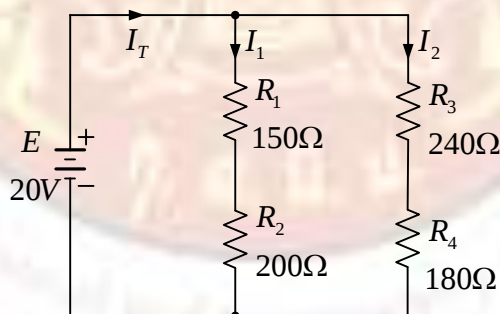
๓. เนื้อหา

วงจรไฟฟ้าแบบผสมหมายถึงวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยวงจรอนุกรมและวงจรขนานต่อกันอยู่ในวงจรเดียวกัน จะแบ่งออกเป็น ๒ ประเภทใหญ่คือวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนาน และวงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรม การคำนวณหาปริมาณทางไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบผสม ต้องพิจารณาที่แต่ละส่วนให้เหมาะสมกับตัวต้านทานที่ต่อกันอยู่ เช่นถ้าเป็นวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนาน ให้พิจารณาคณสมบัติของวงจรอนุกรมก่อนแล้วตามด้วยคุณสมบัติของวงจรขนานที่หลัง ถ้าเป็นวงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรม ให้พิจารณาคณสมบัติของวงจรขนานก่อนแล้วตามด้วยคุณสมบัติของวงจรอนุกรมที่หลัง

๑. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม-ขนาน

หมายถึงวงจรไฟฟ้าที่มีความต้านทานแต่ละกลุ่มต่ออนุกรมกัน แล้วนำความต้านทานในกลุ่มที่อนุกรมกันมาต่อแบบขนานอีกทีหนึ่ง แล้วนำมาต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง แสดงดังตัวอย่างที่ ๑

ตัวอย่างที่ ๑ จากวงจร จงคำนวณหาความต้านทานรวม (R_T) กระแสไฟฟ้า I_T, I_1, I_2



รูป ตัวอย่างที่ ๑

วิธีทำ

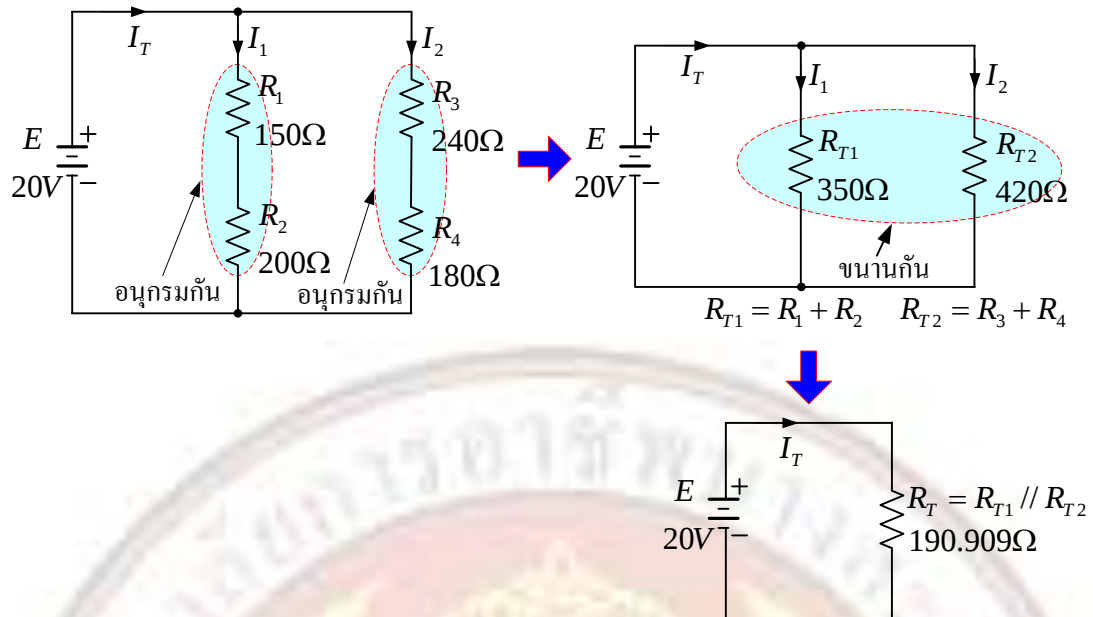
๑. จากรูป วงจรไฟฟ้าผสมแบบอนุกรม-ขนานมีคุณสมบัติดังนี้

๑.๑ กระแสไฟฟ้า I_1 จะไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีค่าเท่ากัน เนื่องจาก R_1 และ R_2 ต่ออนุกรมกัน

๑.๒ กระแสไฟฟ้า I_2 จะไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 และ R_4 มีค่าเท่ากัน เนื่องจาก R_3 และ R_4 ต่ออนุกรมกัน

๑.๓ กระแสไฟฟ้ารวม (I_T) จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 รวมกัน เพราะกระแสไฟฟ้า I_T ไหลออกจากแหล่งกำเนิดแล้วแบ่งออกเป็น ๒ สาขา คือ I_1 และ I_2 นั่นเอง

๑.๔ การวางแผนหาปริมาณทางไฟฟ้าที่โจทย์ต้องการ ตามรูป ดังนี้



รูป แสดงขั้นตอนการหาปริมาณทางไฟฟ้าของตัวอย่างที่ ๑

๒. หาค่าความต้านทานรวม

$$R_{T1} = R_1 + R_2 = 150\Omega + 200\Omega = 350\Omega$$

$$R_{T2} = R_3 + R_4 = 240\Omega + 180\Omega = 420\Omega$$

$$R_T = R_{T1} // R_{T2} = \frac{R_{T1} R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}} = \frac{(350\Omega)(420\Omega)}{350\Omega + 420\Omega} = 190.909\Omega$$

๓. กระแสไฟฟ้า

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{20V}{190.909\Omega} = 0.104762 A$$

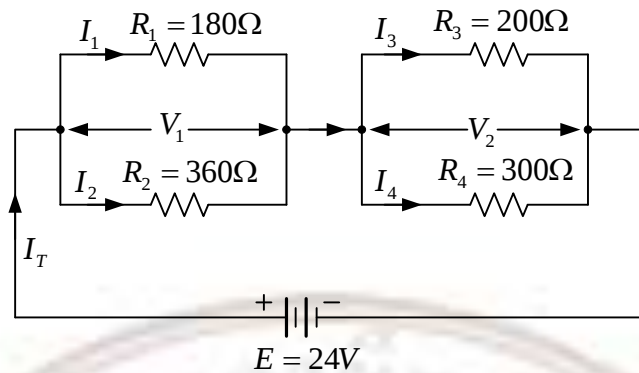
$$I_1 = \frac{E}{R_{T1}} = \frac{20V}{350\Omega} = 0.057143 A$$

$$I_2 = \frac{E}{R_{T2}} = \frac{20V}{420\Omega} = 0.047619 A$$

๒. วงจรไฟฟ้าแบบขนาน-อนุกรม

หมายถึงวงจรไฟฟ้าที่มีความต้านทานในแต่ละกลุ่มต่อขนานกัน แล้วนำความต้านทานในแต่ละกลุ่มที่ขนานกันมาต่อกันแบบอนุกรมอีกทีหนึ่ง แล้วต่อกับแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

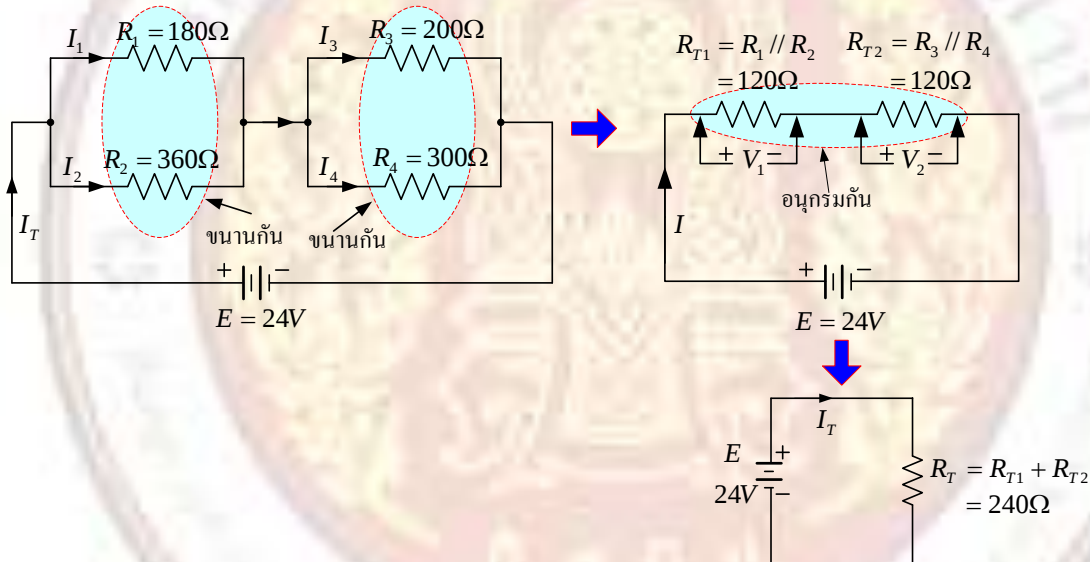
ตัวอย่างที่ ๒ จากรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม (R_T) กระแสไฟฟ้า I_T, I_1, I_2, I_3, I_4 และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_1 และ V_2



รูป ตัวอย่างที่ ๒

วิธีทำ

๑. การวางแผนหาปริมาณทางไฟฟ้าที่โจทย์ต้องการ ตามรูป ดังนี้



รูป แสดงขั้นตอนการหาปริมาณทางไฟฟ้าของตัวอย่างที่ ๒

๒. หาค่าความต้านทานรวม (R_T)

$$R_{T1} = R_1 // R_2 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(180\Omega)(360\Omega)}{180\Omega + 360\Omega} = 120\Omega$$

$$R_{T2} = R_3 // R_4 = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4} = \frac{(200\Omega)(300\Omega)}{200\Omega + 300\Omega} = 120\Omega$$

$$R_T = R_{T1} + R_{T2} = 120\Omega + 120\Omega = 240\Omega$$

๓. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T)

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{24V}{240\Omega} = 0.10A$$

๔. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_1 และ V_2

$$V_1 = I_T R_{T1} = (0.10 A)(120 \Omega) = 12V$$

$$V_2 = I_T R_{T2} = (0.10 A)(120 \Omega) = 12V$$

๕. กระแสไฟฟ้า I_1, I_2 จากกฎของโอห์มและคุณสมบัติของ R_1 ขนาน R_2 จะได้

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{12V}{180 \Omega} = 0.066667 A$$

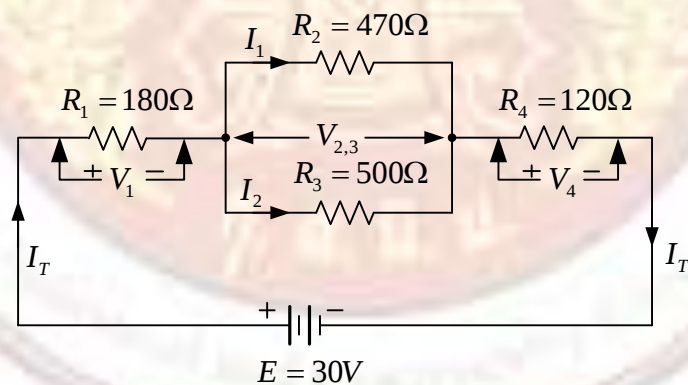
$$I_2 = \frac{V_1}{R_2} = \frac{12V}{360 \Omega} = 0.033333 A$$

กระแสไฟฟ้า I_3, I_4 จากกฎของโอห์มและคุณสมบัติของ R_3 ขนาน R_4 จะได้

$$I_3 = \frac{V_2}{R_3} = \frac{12V}{200 \Omega} = 0.060 A$$

$$I_4 = \frac{V_2}{R_4} = \frac{12V}{300 \Omega} = 0.040 A$$

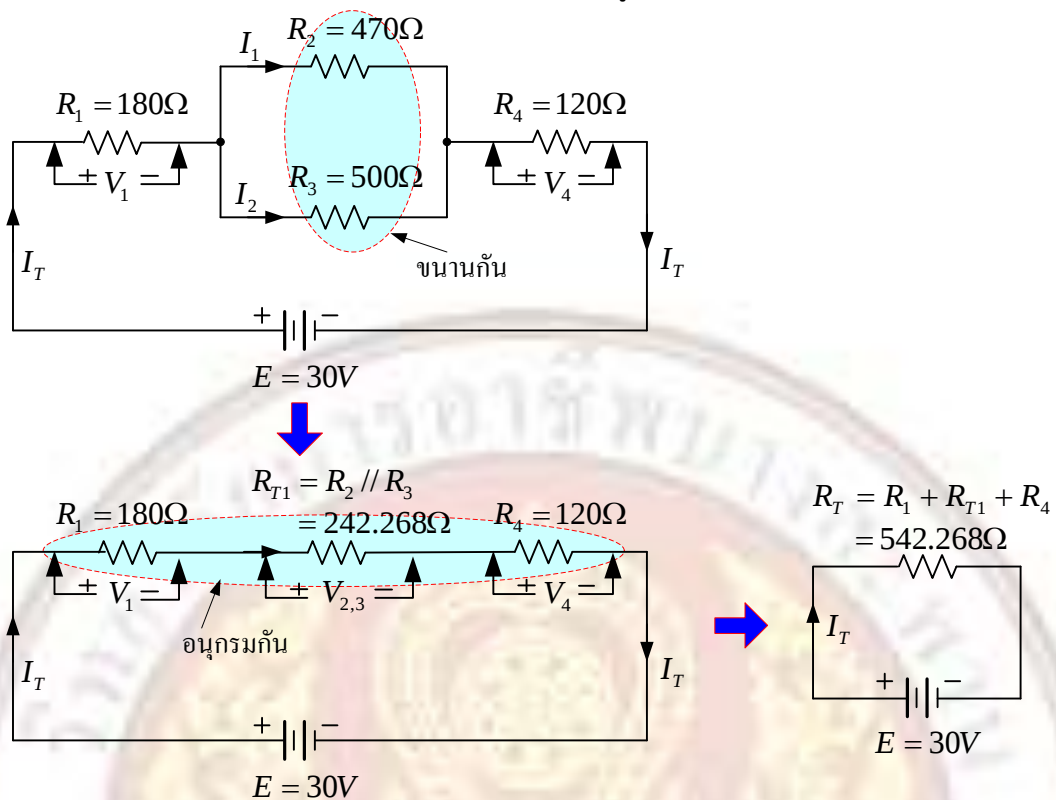
ตัวอย่างที่ ๓ จากวงจร จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม (R_T) กระแสไฟฟ้า I_T, I_1, I_2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $V_1, V_{2,3}$ และ V_4 กำลังไฟฟ้าของวงจร



รูป ตัวอย่างที่ ๓

วิธีทำ

๑. การวางแผนหาปริมาณทางไฟฟ้าที่โจทย์ต้องการ ตามรูป ดังนี้



๒. หาค่าความต้านทานรวม (R_T)

$$R_{T1} = R_2 // R_3 = \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(470\Omega)(500\Omega)}{470\Omega + 500\Omega} = 242.268\Omega$$

$$R_T = R_1 + R_{T1} + R_4 = 180\Omega + 242.268\Omega + 120\Omega = 542.268\Omega$$

๓. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T)

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{30V}{542.268\Omega} = 0.055323 A$$

๔. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $V_1, V_{2,3}$ และ V_4

กระแสไฟฟ้า I_T ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_4 มีค่าเท่ากันเนื่องจาก R_1 และ R_4 ต่ออนุกรมกัน และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 และ R_3 มีค่าเท่ากัน เพราะตัวต้านทานทั้งสองต่อขนานกัน ดังนั้นจะได้

$$V_1 = I_T R_1 = (0.055323 A)(180\Omega) = 9.958V$$

$$V_{2,3} = I_T R_{T1} = (0.055323 A)(242.268\Omega) = 13.403V$$

$$V_4 = I_T R_4 = (0.055323 A)(120\Omega) = 6.639V$$

๕. ผลรวมของกระแสไฟฟ้า I_1, I_2 จะเท่ากับ I_T เนื่องจากคุณสมบัติของ R_2 ขนาน R_3 กัน

$$I_1 = \frac{V_{2,3}}{R_2} = \frac{13.403V}{470\Omega} = 0.028517 A$$

$$I_2 = \frac{V_{2,3}}{R_3} = \frac{13.403V}{500\Omega} = 0.026806 A$$

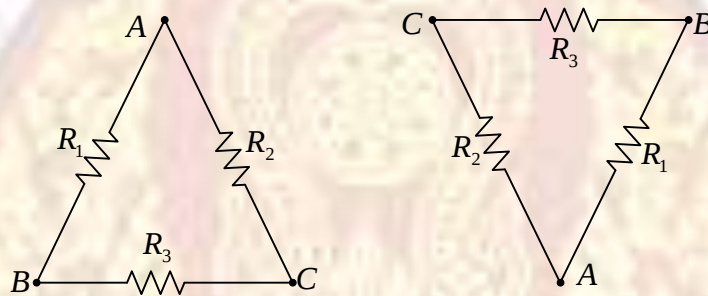
๖. กำลังไฟฟ้าของวงจร

$$P_T = I_T E = (0.055323 A)(30V) = 1.660W$$

๓. การแปลงวงจรความต้านทานเดลต้า - สตาร์

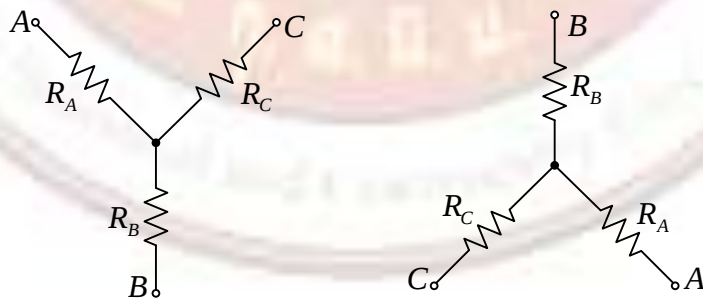
๓.๑ การต่อตัวต้านทานแบบเดลต้า

การต่อตัวต้านทานแบบเดลต้ามีลักษณะคล้ายกับการต่อแบบอนุกรม ซึ่งจะนำตัวต้านทานจำนวน ๓ ตัวมาต่อเรียงลำดับกัน แต่ปลายของตัวต้านทานตัวสุดท้ายจะวนมาต่อต้นสายของตัวต้านทานตัวแรก ดังรูป



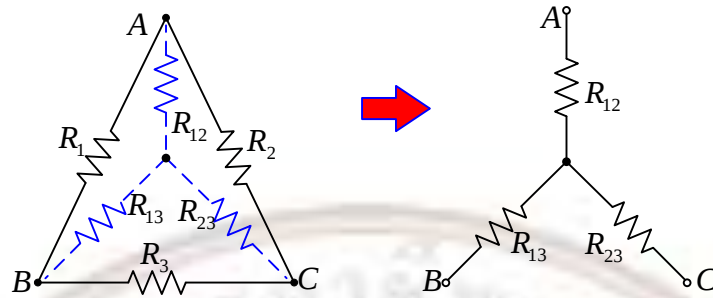
๓.๒ การต่อตัวต้านทานแบบสตาร์

การต่อตัวต้านทานแบบสตาร์ เป็นการนำปลายด้านใดด้านหนึ่งของตัวต้านทานทั้ง ๓ ตัวมาต่อรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง ดังรูป



๓.๓ วิธีเปลี่ยนการต่อตัวต้านทานแบบเดลต้า (Δ) เป็นแบบสตาร์ (Y)

การเปลี่ยนการต่อตัวต้านทานที่ต่อแบบเดลต้าให้เป็นแบบสตาร์ เราสามารถพิจารณาได้จากรูป (ก) และ (ข) ดังนี้



(ก) ตัวต้านทานต่อแบบเดลต้า

(ข) ตัวต้านทานต่อแบบสตาร์

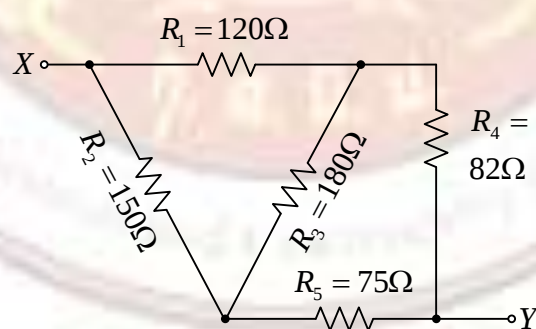
จากรูป(ข) สามารถเขียนสูตรคำนวณค่าความต้านทาน R_{12}, R_{13}, R_{23} ได้ดังนี้

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R_1 R_2}{\sum R_{\Delta}}$$

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R_1 R_3}{\sum R_{\Delta}}$$

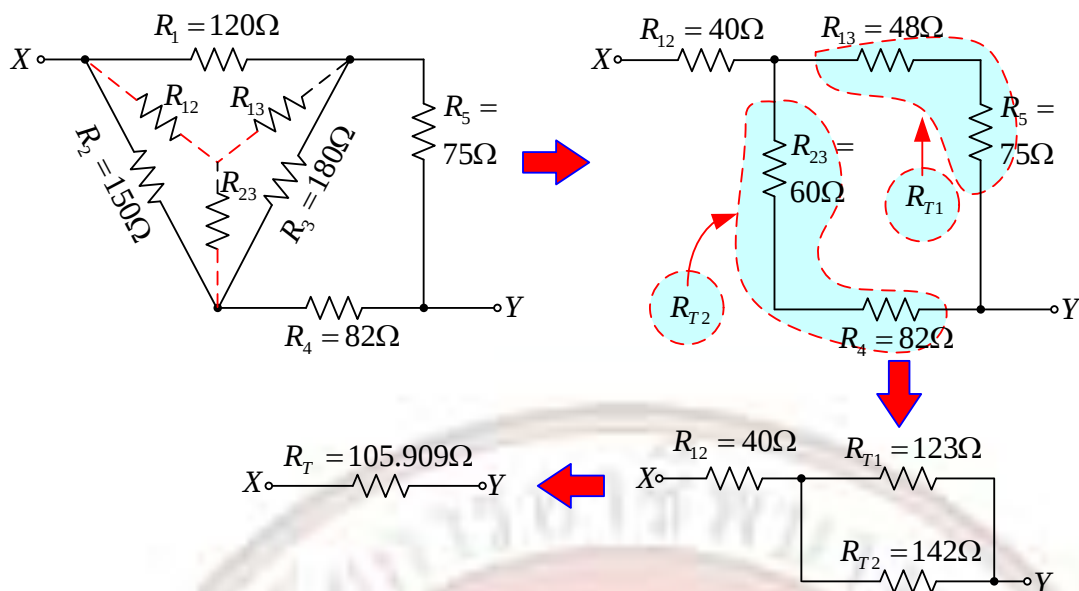
$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{R_2 R_3}{\sum R_{\Delta}}$$

ตัวอย่างที่ ๔ จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม (R_T) ระหว่างจุด X กับจุด Y



วิธีทำ

จากรูปที่กำหนดให้ จะเห็นว่าตัวต้านทานในวงจรไม่ได้ต่อแบบอนุกรมหรือขนานกัน แต่จะจัดตัวต้านทาน R_1, R_2, R_3 ต่อแบบเดลต้าและตัวต้านทาน R_3, R_4, R_5 ก็ต่อแบบเดลต้าเช่นกัน การหาค่าความต้านทานรวม ต้องเลือกชุดตัวต้านทานที่ต่อแบบเดลต้าเปลี่ยนให้เป็นการต่อแบบสตาร์ แล้วยุบรวมค่าความต้านทาน ได้ดังรูปต่อไปนี้



หาค่าความต้านทาน R_{12}, R_{13}, R_{23} ได้ดังนี้

$$\sum R_{\Delta} = R_1 + R_2 + R_3 = 120\Omega + 150\Omega + 180\Omega = 450\Omega$$

$$R_{12} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{(120\Omega)(150\Omega)}{450\Omega} = 40\Omega$$

$$R_{13} = \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{(120\Omega)(180\Omega)}{450\Omega} = 48\Omega$$

$$R_{23} = \frac{R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{(150\Omega)(180\Omega)}{450\Omega} = 60\Omega$$

หาค่าความต้านทาน R_{T1}, R_{T2}, R_T ได้ดังนี้

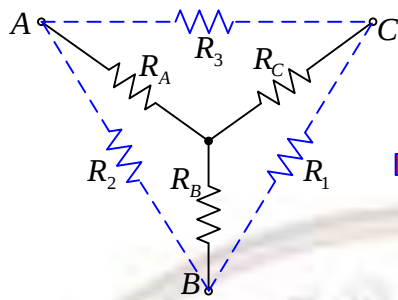
$$R_{T1} = R_{13} + R_5 = 48\Omega + 75\Omega = 123\Omega$$

$$R_{T2} = R_{23} + R_4 = 60\Omega + 82\Omega = 142\Omega$$

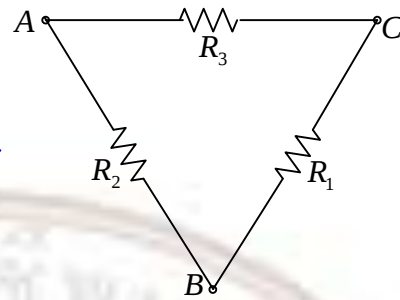
$$R_T = R_{12} + (R_{T1} // R_{T2}) = 40\Omega + \frac{(123\Omega)(142\Omega)}{123\Omega + 142\Omega} = 105.909\Omega$$

๓.๔ วิธีเปลี่ยนการต่อตัวต้านทานแบบสตาร์ (Y) เป็นแบบเดลต้า (Δ)

การเปลี่ยนการต่อตัวต้านทานที่ต่อแบบสตาร์ให้เป็นแบบเดลต้า เราสามารถพิจารณาได้จากรูป(ก) และ (ข) ดังนี้



(ก) ตัวต้านทานต่อแบบสตาร์



(ข) ตัวต้านทานต่อแบบเดลต้า

จากรูป(ข) สามารถเขียนสูตรคำนวณค่าความต้านทาน R_1, R_2, R_3 ได้ดังนี้

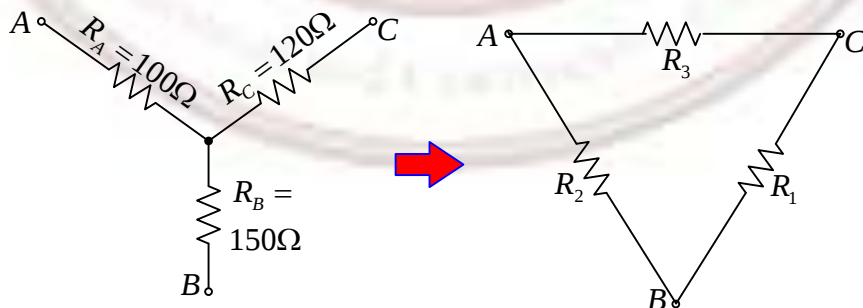
$$R_1 = \frac{R_A R_B + R_A R_C + R_B R_C}{R_A} = \frac{\sum R_Y}{R_A}$$

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

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

เมื่อ $\sum R_Y$ หมายถึงผลรวมของผลคูณของความต้านทานแต่ละคู่ที่ต่อแบบสตาร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ $R_A R_B + R_A R_C + R_B R_C$ ส่วนความต้านทาน R_1, R_2, R_3 หมายถึงค่าของความต้านทานที่ต่อแบบเดลต้า

ตัวอย่างที่ ๕ จากรูปจงเปลี่ยนการต่อตัวต้านทานแบบสตาร์ให้เป็นแบบเดลต้า



วิธีทำ

หาค่าความต้านทาน R_A, R_B, R_C ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_A R_B + R_A R_C + R_B R_C \\ &= (100\Omega)(120\Omega) + (100\Omega)(150\Omega) + (120\Omega)(150\Omega)\end{aligned}$$

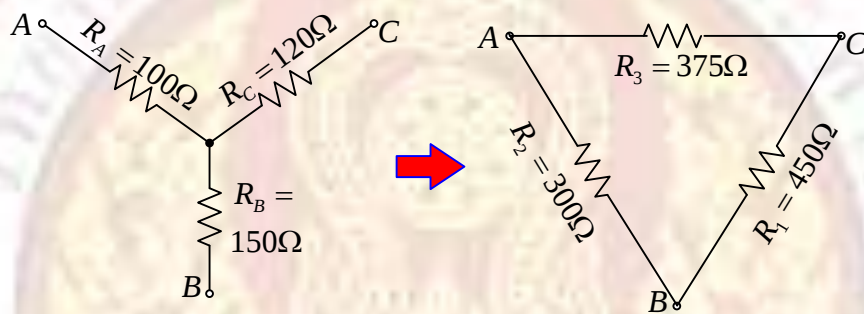
$$\sum R_Y = 45,000\Omega$$

$$R_1 = \frac{\sum R_Y}{R_A} = \frac{45,000\Omega}{100\Omega} = 450\Omega$$

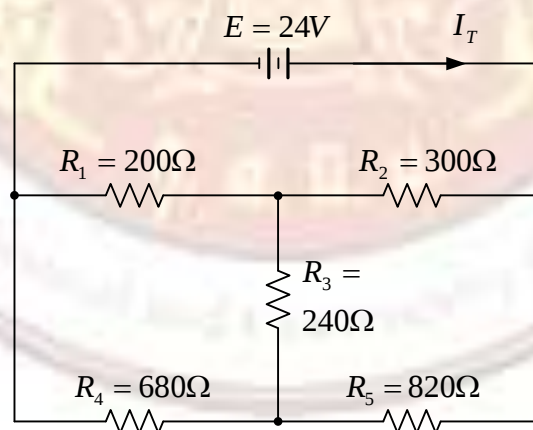
$$R_2 = \frac{\sum R_Y}{R_C} = \frac{45,000\Omega}{150\Omega} = 300\Omega$$

$$R_3 = \frac{\sum R_Y}{R_B} = \frac{45,000\Omega}{120\Omega} = 375\Omega$$

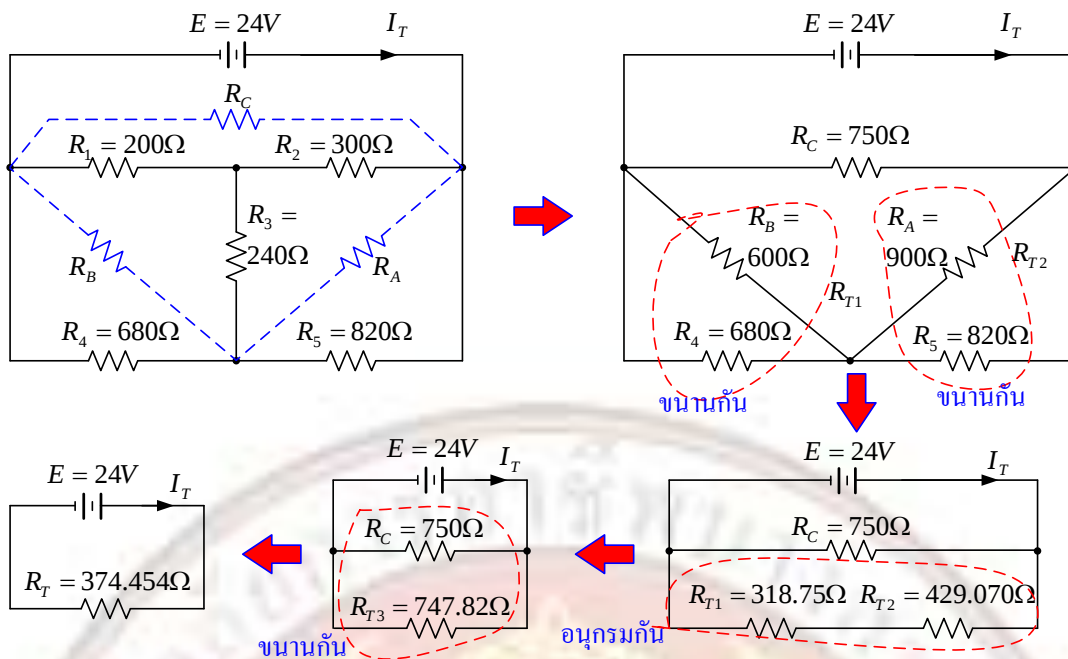
สรุปการเปลี่ยนการต่อตัวต้านทานแบบสตาร์เป็นแบบเดลต้า ได้ดังรูปต่อไปนี้



ตัวอย่างที่ ๖ จากรูป จงหาค่าความต้านทานรวม (R_T) และกระแสไฟฟ้ารวม (I_T)



วิธีที่ ๑ จากรูป จะเห็นว่าตัวต้านทานในวงจรไม่ได้ต่อแบบอนุกรมหรือขนานกัน แต่จะจัดตัวต้านทาน R_1, R_2, R_3 ต่อแบบสตาร์และตัวต้านทาน R_3, R_4, R_5 ก็ต่อแบบสตาร์เช่นกัน การหาค่าความต้านทานรวม ต้องเลือกชุดตัวต้านทานที่ต่อแบบสตาร์เปลี่ยนให้เป็นการต่อแบบเดลต้า แล้วยุบรวมค่าความต้านทานและหากระแสไฟฟ้ารวม ได้ดังรูปต่อไปนี้



หาค่าความต้านทาน R_A, R_B, R_C ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}\sum R_Y &= R_1 R_2 + R_1 R_3 + R_2 R_3 \\ &= (200\Omega)(300\Omega) + (200\Omega)(240\Omega) + (240\Omega)(300\Omega) = 180,000\Omega \\ R_A &= \frac{\sum R_Y}{R_1} = \frac{180,000\Omega}{200\Omega} = 900\Omega \\ R_B &= \frac{\sum R_Y}{R_2} = \frac{180,000\Omega}{300\Omega} = 600\Omega \\ R_C &= \frac{\sum R_Y}{R_3} = \frac{180,000\Omega}{240\Omega} = 750\Omega\end{aligned}$$

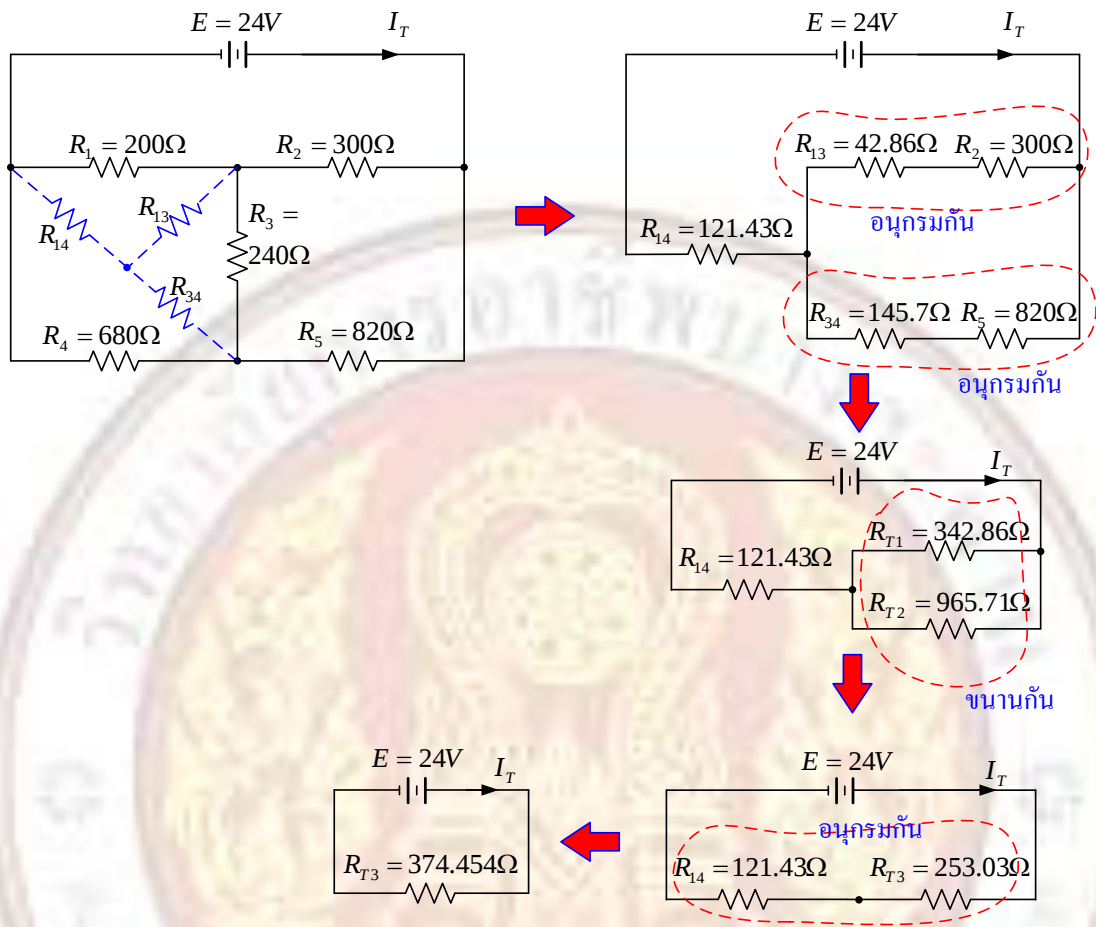
หาค่าความต้านทาน R_{T1}, R_{T2}, R_{T3} และ R_T ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}R_{T1} &= R_B // R_4 = \frac{R_B R_4}{R_B + R_4} = \frac{(600\Omega)(680\Omega)}{600\Omega + 680\Omega} = 318.75\Omega \\ R_{T2} &= R_A // R_5 = \frac{R_A R_5}{R_A + R_5} = \frac{(900\Omega)(820\Omega)}{900\Omega + 820\Omega} = 429.070\Omega \\ R_{T3} &= R_{T1} + R_{T2} = 318.75\Omega + 429.070\Omega = 747.82\Omega \\ R_T &= R_C // R_{T3} = \frac{R_C R_{T3}}{R_C + R_{T3}} = \frac{(750\Omega)(747.82\Omega)}{750\Omega + 747.82\Omega} = 374.454\Omega\end{aligned}$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_T จากกฎของโอห์ม ได้ดังนี้

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{24V}{374.454\Omega} = 0.064093A = 64.093mA$$

วิธีที่ ๒ จากรูป จะเห็นว่าตัวต้านทานในวงจรไม่ได้ต่อบนอนุกรมหรือขนานกัน แต่จะจัดตัวต้านทาน R_1, R_3, R_4 ต่อแบบเดลต้าและตัวต้านทาน R_2, R_3, R_5 ก็ต่อบนเดลต้าเช่นกัน การหาค่าความต้านทานรวม ต้องเลือกชุดตัวต้านทานที่ต่อบนเดลต้าเปลี่ยนให้เป็นการต่อบนสตาร์ แล้วยุบรวมค่าความต้านทานและหากระแสไฟฟ้ารวม ได้ดังรูปต่อไปนี้



รูปแสดงขั้นตอนการหาปริมาณทางไฟฟ้าวิธีที่ ๒

หาค่าความต้านทาน R_{13}, R_{14}, R_{34} ได้ดังนี้

$$\sum R_{\Delta} = R_1 + R_3 + R_4 = 200\Omega + 240\Omega + 680\Omega = 1,120\Omega$$

$$R_{13} = \frac{R_1 \cdot R_3}{\sum R_{\Delta}} = \frac{(200\Omega)(240\Omega)}{1120\Omega} = 42.857\Omega$$

$$R_{14} = \frac{R_1 \cdot R_4}{\sum R_{\Delta}} = \frac{(200\Omega)(680\Omega)}{1120\Omega} = 121.429\Omega$$

$$R_{34} = \frac{R_3 \cdot R_4}{\sum R_{\Delta}} = \frac{(240\Omega)(680\Omega)}{1120\Omega} = 145.714\Omega$$

หาค่าความต้านทาน R_{T1}, R_{T2}, R_{T3} และ R_T ได้ดังนี้

$$R_{T1} = R_{13} + R_2 = 42.857\Omega + 300\Omega = 342.857\Omega$$

$$R_{T2} = R_{34} + R_5 = 145.714\Omega + 820\Omega = 965.714\Omega$$

$$R_{T3} = R_{T1} // R_{T2} = \frac{(342.857\Omega)(965.714\Omega)}{342.857\Omega + 965.714\Omega} = 253.025\Omega$$

$$R_T = R_{14} + R_{T3} = 121.429\Omega + 253.025 = 374.454\Omega$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_T จากกฎของโอห์ม ได้ดังนี้

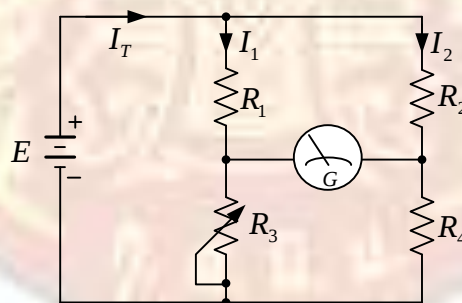
$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{24V}{374.454\Omega} = 0.064093A = 64.093mA$$

๔. วงจรบริดจ์

๔.๑ วงจรบริดจ์ เป็นการนำตัวต้านทานมาต่อขนานกัน ๒ ชุด แต่ละชุดจะมีตัวต้านทาน ๒ ตัวมาต่ออนุกรมกัน แล้วนำตัวต้านทานมาต่อขนานกับแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งจะทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร

วงจรบริดจ์แบ่งออกเป็นวงจรบริดจ์แบบสมดุล (Balance Bridge Circuit) และวงจรบริดจ์แบบไม่สมดุล (Unbalance Bridge Circuit) ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่กึ่งกลางวงจรไฟฟ้ามีค่าเป็นศูนย์ ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์ (G) จะทำให้วงจรบริดจ์แบบสมดุล แต่ถ้าหากที่กึ่งกลางวงจรมีแรงดันไฟฟ้าที่ไม่เท่ากัน ทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์ (G) จะเป็นวงจรบริดจ์แบบไม่สมดุล

๔.๒ วงจรวีตสโตนบริดจ์ (Wheatstone bridge) คือวงจรสำหรับเปรียบเทียบความต้านทานที่ไม่ทราบค่า กับความต้านทานมาตรฐานและเป็นการหาความต้านทานที่ไม่ทราบค่าด้วย ในการปฏิบัติจริงให้ปรับความต้านทาน R_3 ที่ปรับค่าได้จนกระทั่งเข็มของกัลป์วานอมิเตอร์ G ชี้ที่เลขศูนย์ ซึ่งเป็นเงื่อนไขที่ทำให้บริดจ์สมดุล ดังรูป



จากวงจรรูป ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 มากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์จากด้านซ้ายไปด้านขวา แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 มีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์จากด้านซ้ายมือมาขวามือ ลักษณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์ได้เรียกว่า วงจรบริดจ์แบบไม่สมดุล แต่ถ้าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์ ลักษณะอย่างนี้เรียกว่า วงจรบริดจ์แบบสมดุล

วงจรบริดจ์แบบสมดุล จะทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอมิเตอร์หรือไม่มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเลย ทำให้กระแสไฟฟ้า I_1 ที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_1 และ R_3 จะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้า I_2 ที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 และ R_4 เสมอ ดังนั้น

พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 และ R_3 จะได้

$$E = V_1 + V_3 = I_1(R_1 + R_3)$$

พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 และ R_4 จะได้

$$E = V_2 + V_4 = I_2(R_2 + R_4)$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 เท่ากับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_2 จะได้

$$V_1 = V_2$$

$$I_1 R_1 = I_2 R_2 \quad \dots\dots \text{สมการ (A)}$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 เท่ากับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_4 จะได้

$$V_3 = V_4$$

$$I_1 R_3 = I_2 R_4 \quad \dots\dots \text{สมการ (B)}$$

นำสมการ (A) หาด้วยสมการ (B) จะได้

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_2 R_4}$$

ดังนั้นวงจรบริดจ์จะเป็นแบบสมดุลได้ก็ต่อเมื่อ

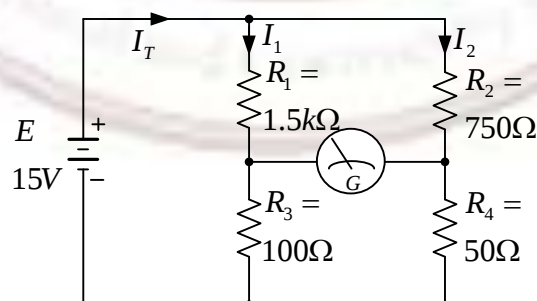
$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad \text{ถ้ากระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่านกัลป์วานอ์มิเตอร์}$$

หรือ
$$\frac{R_3}{R_1} = \frac{R_4}{R_2}$$

จากวงจรรูปที่ผ่านมา ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 ไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 จะทำให้มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านกัลป์วานอ์มิเตอร์ได้เรียกว่า วงจรบริดจ์แบบไม่สมดุล อัตราส่วนระหว่าง R_1 ต่อ R_3 จะไม่เท่ากับอัตราส่วนระหว่าง R_2 ต่อ R_4

นั่นคือ
$$\frac{R_1}{R_3} \neq \frac{R_2}{R_4}$$

ตัวอย่างที่ ๖ จากวงจรรูปที่กำหนดให้ เป็นวงจรบริดจ์ที่เกิดความสมดุลหรือไม่ และหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 และแรงดันไฟฟ้า V_1, V_2



วิธีทำ

จากสมการ

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

ดังนั้น

$$\frac{1,500\Omega}{100\Omega} = \frac{750\Omega}{50\Omega}$$

$$15 = 15$$

แสดงว่าวงจรบริดจ์เป็นแบบสมดุล

กระแสไฟฟ้า I_1 หาได้จาก

$$I_1 = \frac{E}{R_1 + R_3} = \frac{15V}{1500\Omega + 100\Omega} \\ = 0.009375 A$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1 คือ V_1 จะได้

$$V_1 = I_1 R_1 = (0.009375 A)(1500\Omega) = 14.0625V$$

กระแสไฟฟ้า I_2 หาได้จาก

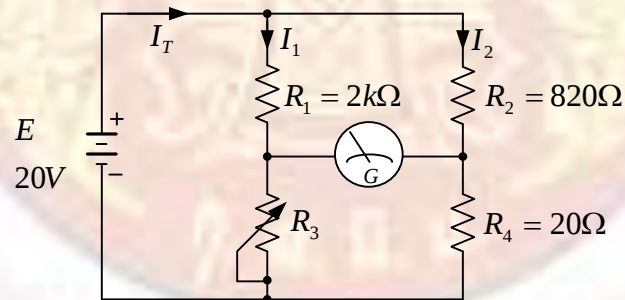
$$I_2 = \frac{E}{R_2 + R_4} = \frac{15V}{750\Omega + 50\Omega} \\ = 0.01875 A$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_2 คือ V_2 จะได้

$$V_2 = I_2 R_2 = (0.01875 A)(750\Omega) = 14.0625V$$

เพราะฉะนั้นแรงดันไฟฟ้า $V_1 = V_2 = 14.0625V$

ตัวอย่างที่ ๗ จากวงจรรูปที่กำหนดให้จะปรับความต้านทาน R_3 ให้มีค่าเท่าไร จึงทำให้วงจรบริดจ์เป็นแบบสมดุล



วิธีทำ จากสมการ

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4}$$

ดังนั้น

$$R_3 = R_1 \frac{R_4}{R_2} = \frac{(2,000\Omega)(20\Omega)}{820\Omega} = 48.781\Omega$$

แทนค่า R_3 ในสมการ

$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \\ \frac{2,000\Omega}{48.781\Omega} = \frac{820\Omega}{20\Omega}$$

$$41 = 41$$

แสดงว่า $R_3 = 48.781\Omega$ ทำให้วงจรบริดจ์เป็นแบบสมดุล

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
๑.คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังฟ้าของวงจรผสม	๑.คำนวณค่ากระแส แรงดัน และกำลังฟ้าของวงจรผสม

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๕ เรื่องวงจรผสม สอนครั้งที่ ๘ - ๙ / ๑๘

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/ หลักฐาน	เครื่องมือและ วิธีการวัดผล
๘ - ๙ (๘ ชั่วโมง) ๑. วงจรผสม ๒. การแปลงวงจร เดลต้า - วาย	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบรายชื่อนักเรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียนยกตัวอย่างการใช้งานวงจรขนาน ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องวงจรผสม ๒. ครูอธิบายในเรื่องการแปลงวงจรเดลต้า - วาย ๓. มอบหมายการปฏิบัติใบงานที่ ๖ ๔. นักเรียนฟังครูอธิบายตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึกและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมในเว็บไซด์ http://krudirek.bspc.ac.th/ ๓. ขั้นประยุกต์ใช้ ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่องวงจรอนุกรม ๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๕ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และแนะนำอย่างใกล้ชิด ๓. มอบหมายให้ทำแบบ	๑. เอกสารประกอบวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับโทรทัศน์ ๔. เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาหรือแท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน	- แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบหลังเรียน - ใบงานการทดลองที่ ๖	- นักเรียนทดสอบแบบทดสอบหลังเรียน - สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนและประเมินลงแบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียน

	ฝึกหัดหน่วยที่ ๕ และส่งงาน ใน Google Classroom ๔. เผลย แบบฝึกหัด <u>๔.ขั้นสรุปและประเมินผล</u> ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้ พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลัง เรียน หน่วยที่ ๕ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษา เนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียน ในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำ ความสะอาด ห้องเรียน ครู ดูแลการทำความสะอาด ห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อ นำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขใน กลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลใน การแก้ปัญหาในการสอนครั้ง ต่อไป			
--	---	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๘	คะแนน
ทักษะ	๓	คะแนน
จิตพิสัย	๔	คะแนน
รวม	๑๕	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ ๕ วงจรผสม

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. วงจรผสมจะมีความต้านทานอย่างน้อยกี่ตัว

- ก. ๒ ตัว
- ข. ๓ ตัว
- ค. ๕ ตัว
- ง. ๖ ตัว

๒. ความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่าใด

- ก. ๔๐ Ω
- ข. ๒๐ Ω
- ค. ๑๐ Ω
- ง. ๑๒ Ω

๓. กระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่าใด

- ก. ๔ A
- ข. ๒ A
- ค. ๑ A
- ง. ๐.๒ A

๔. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

- ก. ๐.๕ A
- ข. ๑.๕ A
- ค. ๒.๕ A
- ง. ๓ A

๕. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ที่ความต้านทาน ๕ Ω มีค่าเท่าใด

- ก. ๑.๕ V
- ข. ๒.๕ V
- ค. ๔.๕ V
- ง. ๗.๕ V

๖. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ที่ความต้านทาน ๑๕ Ω มีค่าเท่าใด

- ก. ๓ V
- ข. ๕ V
- ค. ๗.๕ V
- ง. ๘ V

๗. ความต้านทานรวมของวงจร มีค่าเท่าใด

- ก. ๔๐ Ω
- ข. ๕๐ Ω
- ค. ๘๐ Ω
- ง. ๑๒๐ Ω

๘. กระแสไฟฟ้ารวมทั้งหมดของวงจร มีค่าเท่าใด

ก. ๔ A

ข. ๒ A

ค. ๐.๒ A

ง. ๐.๐๕ A

๙. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม ความต้านทาน ๒๐ Ω มีค่าเท่าใด

ก. ๒ V

ข. ๔ V

ค. ๖ V

ง. ๘ V

๑๐. กระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่าใด

ก. ๑ A

ข. ๐.๕ A

ค. ๐.๒ A

ง. ๐.๑ A



สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
 - ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
 - ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
 - ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
 - ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินตามสภาพจริงประจำหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ เรื่อง วิธีการวิเคราะห์วงจร จำนวน ๑๒ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (ด้านความรู้)
๒. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นสองตัวแปร (ด้านความรู้)
๓. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับดีเทอร์มิแนนต์และเมตริก (ด้านความรู้)
๔. เพื่อให้มีทักษะในการคำนวณด้วยการวิเคราะห์ด้วยเมช (ด้านทักษะ)
๕. เพื่อให้มีทักษะในการคำนวณด้วยการวิเคราะห์ด้วยโนด (ด้านทักษะ)
๖. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

๒. สมรรถนะประจำหน่วย

คำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการวิเคราะห์วงจร

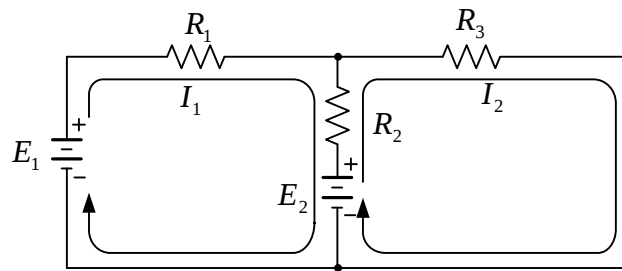
๓. เนื้อหา

๑. หลักการของวิธีวงรอบกระแสไฟฟ้าเมช

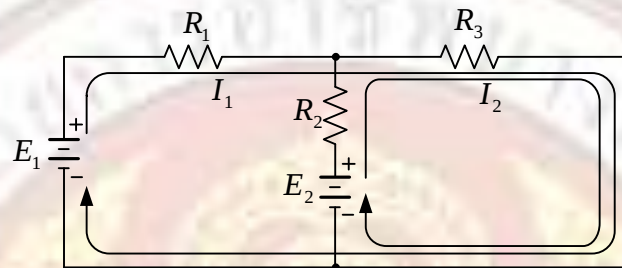
วิธีวงรอบกระแสไฟฟ้าเมชพัฒนาการมาจากกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) โดยอาศัยกฎแรงดันไฟฟ้าเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) มาสร้างสมการ การกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลในวงรอบจะกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลตามหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรรอบปิดใด ๆ จะเป็นตัวกำหนดจำนวนสมการให้เท่ากับจำนวนวงรอบ ดังนั้นถ้ากำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลจำนวน n วงรอบจะมีสมการจำนวน n สมการด้วย ขั้นตอนการเขียนสมการในวงจรไฟฟ้า ทำได้ดังนี้

- ๑.๑ กำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงรอบ จะให้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าไหลทวนหรือตามเข็มนาฬิกาก็ได้
- ๑.๒ ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจร จะกำหนดให้ขั้วบวก (+) ตามทิศทางการไหลเข้าและขั้วลบ (-) ตามทิศทางการไหลออกของกระแสไฟฟ้า
- ๑.๓ การสร้างสมการในแต่ละวงรอบจะใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) กำหนดสมการโดยเขียนให้ครบทุกสมการ
- ๑.๔ ใช้กฎของโอห์มเปลี่ยนรูปแบบของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ให้อยู่ในความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน ($V = IR$)
- ๑.๕ สมการที่เขียนขึ้นมาในแต่ละวงรอบ นำมาแก้สมการโดยวิธีการลดทอนสมการตามหลักการพีชคณิต หรือโดยใช้รูปแบบของเมตริกซ์และดีเทอร์มิแนนต์
- ๑.๖ ผลการคำนวณถ้าได้กระแสไฟฟ้าออกมาเป็นบวก (+) แสดงว่ากระแสไฟฟ้ามีทิศทางการไหลในวงจรถูกต้องแล้ว แต่ถ้าได้กระแสไฟฟ้าออกมาเป็นลบ (-) แสดงว่าทิศทางที่ถูกต้องตามความเป็นจริงจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าในวงรอบนั้น

การสร้างสมการแต่ละวงรอบของวงจรไฟฟ้า แสดงดังต่อไปนี้



(ก) การเขียนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในวงรอบที่ ๑ และ ๒ แบบที่ ๑



(ข) การเขียนทิศทางของกระแสไฟฟ้าในวงรอบที่ ๑ และ ๒ แบบที่ ๒

วิธีทำ จากวงจรไฟฟ้ารูป (ก) เขียนสมการกระแสไฟฟ้าของวงรอบที่ ๑ และวงรอบที่ ๒ โดยอาศัยกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

วงรอบที่ ๑;

$$V_1 + V_2 = E_1 - E_2$$

$$I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2 = E_1 - E_2$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_2 R_2 = E_1 - E_2$$

$$I_1 (R_1 + R_2) - I_2 R_2 = E_1 - E_2 \quad \dots \text{สมการ (๑)}$$

วงรอบที่ ๒;

$$V_2 + V_3 = E_2$$

$$(I_2 - I_1) R_2 + I_2 R_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 - I_1 R_2 + I_2 R_3 = E_2$$

$$-I_1 R_2 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2 \quad \dots \text{สมการ (๒)}$$

จากวงจรไฟฟ้ารูปที่ (ข) เขียนสมการกระแสไฟฟ้าวงรอบที่ ๑ และวงรอบที่ ๒ โดยอาศัยกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

วงรอบที่ ๑;

$$V_1 + V_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_1$$

$$I_1 (R_1 + R_3) + I_2 R_3 = E_1 \quad \dots \text{สมการ (๑)}$$

วงรอบที่ ๒;

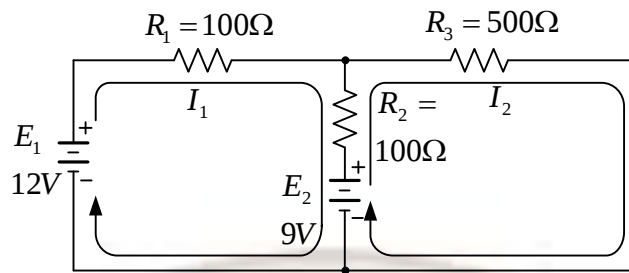
$$V_2 + V_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_2$$

$$I_1 R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2 \quad \dots \text{สมการ (๒)}$$

๒. ตัวอย่างการคำนวณโดยวิธีวงจรกระแสไฟฟ้าเมช
- ตัวอย่างที่ ๑ ใช้วิธีวงจรกระแสไฟฟ้าเมชหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1, R_2 และ R_3



วิธีที่ ๑) ๑. เขียนทิศทางการเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าในวงจรที่ ๑ และ ๒ โดยสมมติไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

๒. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าวงจรโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

วงจรที่ ๑; $V_1 + V_2 = E_1 - E_2$

$$I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2 = E_1 - E_2$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_2 - I_2 R_2 = E_1 - E_2$$

$$(100 + 100)I_1 - 100I_2 = 12V - 9V$$

$$200I_1 - 100I_2 = 3V$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด; $2I_1 - I_2 = 0.03$...สมการ (๑)

วงจรที่ ๒; $V_2 + V_3 = E_2$

$$(I_2 - I_1) R_2 + I_2 R_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 - I_1 R_2 + I_2 R_3 = E_2$$

$$-100I_1 + (100 + 500)I_2 = 9V$$

$$-100I_1 + 600I_2 = 9V$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด; $-I_1 + 6I_2 = 0.09$...สมการ (๒)

๓. เขียนสมการ(๑) และ (๒) ใหม่ในรูปของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.03 \\ 0.09 \end{bmatrix} \quad \dots (๓)$$

๔. หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\Delta = \begin{vmatrix} 2 & -1 \\ -1 & 6 \end{vmatrix} = (2)(6) - (-1)(-1) = 12 - 1 = 11$$

๕. หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{\begin{vmatrix} 0.03 & -1 \\ 0.09 & 6 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(0.03)(6) - (0.09)(-1)}{11} \\ &= \frac{0.18 - (-0.09)}{11} = \frac{0.27}{11} = 0.024545 \text{ A} \end{aligned}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 0.03 \\ -1 & 0.09 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(2)(0.09) - (-1)(0.03)}{11}$$

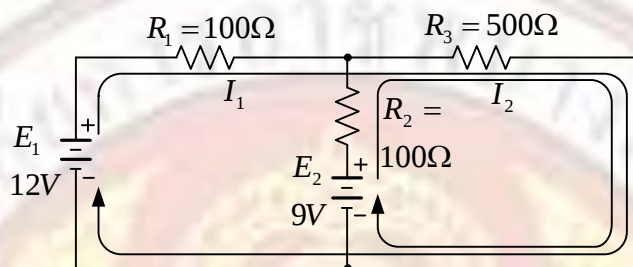
$$= \frac{0.18 - (-0.03)}{11} = \frac{0.21}{11} = 0.019091 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1 คือ $I_1 = 0.024545 \text{ A} = 24.545 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_2 คือ $I_1 - I_2 = 0.024545 - 0.019091 = 0.005455 \text{ A} = 5.455 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3 คือ $I_2 = 0.019091 \text{ A} = 19.091 \text{ mA}$

วิธีที่ ๒)



๑. เขียนทิศทางการเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าในวงรอบที่ ๑ และ ๒ โดยสมมติไหลในทิศทางตามเข็มนาฬิกา

๒. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าวงรอบโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้
วงรอบที่ ๑;

$$V_1 + V_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_1$$

$$I_1 (R_1 + R_3) + I_2 R_3 = E_1$$

$$(100 + 500) I_1 + 500 I_2 = 12$$

$$600 I_1 + 500 I_2 = 12$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด; $6 I_1 + 5 I_2 = 0.12$...สมการ (๑)

วงรอบที่ ๒;

$$V_2 + V_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 + (I_1 + I_2) R_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_2$$

$$I_1 R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2$$

$$500 I_1 + (100 + 500) I_2 = 9$$

$$500 I_1 + 600 I_2 = 9$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด; $5 I_1 + 6 I_2 = 0.09$...สมการ (๒)

๓. เขียนสมการที่ (๑) และ (๒) ใหม่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.12 \\ 0.09 \end{bmatrix} \quad \dots \text{สมการ (๓)}$$

๔. หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\Delta = \begin{vmatrix} 6 & 5 \\ 5 & 6 \end{vmatrix} = (6)(6) - (5)(5) = 36 - 25 = 11$$

๕. หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0.12 & 5 \\ 0.09 & 6 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(0.12)(6) - (0.09)(5)}{11} \\ = \frac{0.72 - (0.45)}{11} = \frac{0.27}{11} = 0.024545 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & 0.12 \\ 5 & 0.09 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(6)(0.09) - (5)(0.12)}{11} \\ = \frac{0.54 - (0.60)}{11} = \frac{-0.06}{11} = -0.0054545 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1 คือ $I_1 = 0.024546 \text{ A} = 24.546 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_2 คือ $I_2 = -0.005455 \text{ A} = -5.455 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3 คือ $I_1 + I_2 = 0.024546 - 0.005455$

$$= 0.019091 \text{ A} = 19.091 \text{ mA}$$

๖. หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$V_1 = I_1 R_1 = (0.024546 \text{ A})(100\Omega) = 2.455 \text{ V}$$

$$V_2 = I_2 R_2 = (-0.005455 \text{ A})(100\Omega) = -0.546 \text{ V}$$

$$V_3 = (I_1 + I_2) R_3 = (0.019091 \text{ A})(100\Omega) = 1.9091 \text{ V}$$

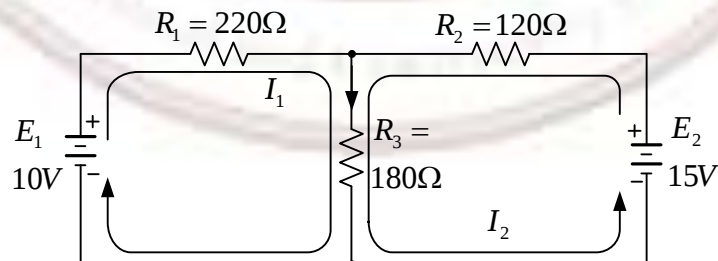
$$\text{วงรอบที่ ๑; } V_1 + V_3 = E_1$$

$$2.455 \text{ V} + 1.9091 \text{ V} = 4.3641 \text{ V}$$

$$\text{วงรอบที่ ๒; } V_2 + V_3 = E_2$$

$$-0.546 \text{ V} + 1.9091 \text{ V} = 1.3631 \text{ V}$$

ตัวอย่างที่ ๒ ใช้วิธีวงรอบกระแสไฟฟ้าเมหหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3



วิธีทำ ๑. เขียนทิศทางการเคลื่อนของกระแสไฟฟ้าในวงรอบที่ ๑ และ ๒ โดยสมมติไหลในทิศทางดังรูปที่กำหนด

๒. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าวงรอบโดยอาศัยแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

$$\text{วงรอบที่ ๑; } V_1 + V_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + (I_1 + I_2) R_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_1$$

$$I_1 (R_1 + R_3) + I_2 R_3 = E_1$$

$$(220 + 180)I_1 + 180I_2 = 10$$

$$400I_1 + 180I_2 = 10$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด; $4I_1 + 1.8I_2 = 0.10$...สมการ (๑)

วงรอบที่ ๒; $V_2 + V_3 = E_2$

$$I_2 R_2 + (I_1 + I_2)R_3 = E_2$$

$$I_2 R_2 + I_1 R_3 + I_2 R_3 = E_2$$

$$I_1 R_3 + I_2 (R_2 + R_3) = E_2$$

$$180I_1 + (120 + 180)I_2 = 15$$

$$180I_1 + 300I_2 = 15$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด; $1.8I_1 + 3I_2 = 0.15$...สมการ (๒)

๓. เขียนสมการที่ (๑) และ (๒) ใหม่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 4 & 1.8 \\ 1.8 & 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.10 \\ 0.15 \end{bmatrix} \quad \dots \text{สมการ (๓)}$$

๔. หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\Delta = \begin{vmatrix} 4 & 1.8 \\ 1.8 & 3 \end{vmatrix} = (4)(3) - (1.8)(1.8) = 12 - 3.24 = 8.76$$

๕. หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0.10 & 1.8 \\ 0.15 & 3 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(0.10)(3) - (0.15)(1.8)}{8.76}$$

$$= \frac{0.30 - 0.27}{8.76} = \frac{0.03}{8.76} = 0.003425 \text{ A}$$

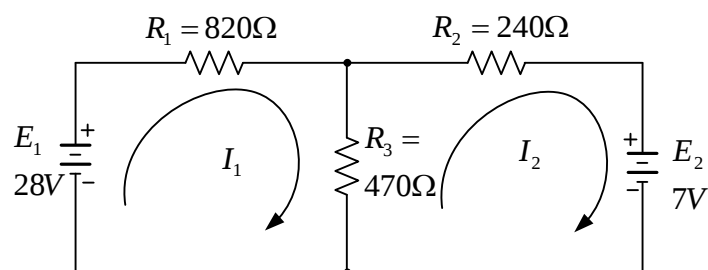
$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 0.10 \\ 1.8 & 0.15 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(4)(0.15) - (1.8)(0.10)}{8.76}$$

$$= \frac{0.60 - 0.18}{8.76} = \frac{0.42}{8.76} = 0.047945 \text{ A}$$

๖. กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3 คือ $I_1 + I_2 = 0.003425 + 0.047945$

$$= 0.05137 \text{ A} = 51.370 \text{ mA}$$

ตัวอย่างที่ ๓ ใช้วิธีวงรอบกระแสไฟฟ้าเมหหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1 , R_2 และ R_3



วิธีทำ เขียนสมการกระแสไฟฟ้าวงรอบโดยอาศัยกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

วงรอบ I_1 ;

$$I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_3 = E_1$$

$$I_1 R_1 + I_1 R_3 - I_2 R_3 = E_1$$

$$I_1 (R_1 + R_3) - I_2 R_3 = E_1$$

$$(820 + 470) I_1 - 470 I_2 = 28$$

$$1290 I_1 - 470 I_2 = 28$$

เอา ๑๐๐ ทหารตลอด; $12.9 I_1 - 4.7 I_2 = 0.28$...สมการ (๑)

วงรอบ I_2 ;

$$I_2 R_2 + (I_2 - I_1) R_3 = -E_2$$

$$I_2 R_2 + I_2 R_3 - I_1 R_3 = -E_2$$

$$-I_1 R_3 + I_2 R_2 + I_2 R_3 = -E_2$$

$$-470 I_1 + 240 I_2 + 470 I_2 = -7$$

$$-470 I_1 + 710 I_2 = -7$$

เอา ๑๐๐ ทหารตลอด; $-4.7 I_1 + 7.1 I_2 = -0.07$...สมการ (๒)

เขียนสมการที่ (๑) และ (๒) ใหม่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 12.9 & -4.7 \\ -4.7 & 7.1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.28 \\ -0.07 \end{bmatrix} \quad \dots \text{สมการ (๓)}$$

หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12.9 & -4.7 \\ -4.7 & 7.1 \end{vmatrix} = (12.9)(7.1) - (-4.7)(-4.7)$$

$$= 91.59 - 22.09 = 69.5$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1 และ I_2 ได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0.28 & -4.7 \\ -0.07 & 7.1 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(0.28)(7.1) - (-0.07)(-4.7)}{69.5}$$

$$= \frac{1.988 - 0.329}{69.5} = \frac{1.659}{69.5} = 0.023871 \text{ A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 12.9 & 0.28 \\ -4.7 & -0.07 \end{vmatrix}}{\Delta} = \frac{(12.9)(-0.07) - (-4.7)(0.28)}{69.5}$$

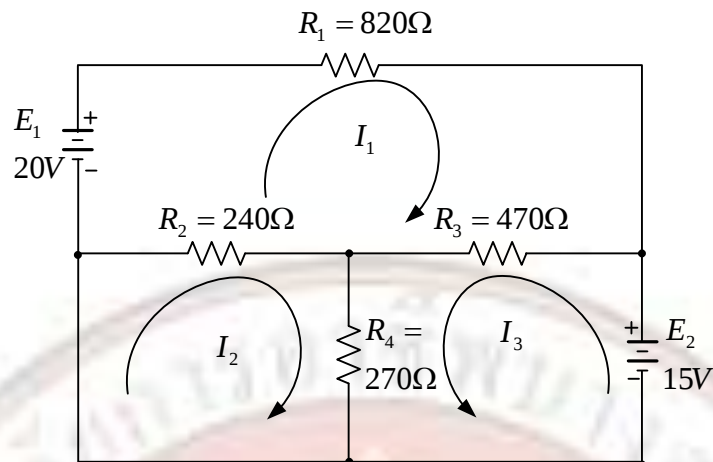
$$= \frac{-0.903 - (-1.316)}{69.5} = \frac{0.413}{69.5} = 0.005942 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1 คือ $I_1 = 0.023871 \text{ A} = 23.871 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_2 คือ $I_2 = 0.005942 \text{ A} = 5.942 \text{ mA}$

กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3 คือ $I_1 - I_2 = 0.023871 - 0.005942 = 0.017928 \text{ A}$

ตัวอย่างที่ ๔ ใช้วิธีวงจรกระแสไฟฟ้าเมหาค่ากระแสไฟฟ้า I_3



วิธีทำ เขียนสมการของกระแสไฟฟ้าวงรอบโดยอาศัยกฎแรงดันไฟฟ้าเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

วงรอบที่ ๑;

$$I_1 R_1 + (I_1 - I_2) R_2 + (I_1 + I_3) R_3 = E_1$$

$$I_1 (R_1 + R_2 + R_3) - I_2 R_2 + I_3 R_3 = E_1$$

$$(820 + 240 + 470) I_1 - 240 I_2 + 470 I_3 = 20V$$

$$1530 I_1 - 240 I_2 + 470 I_3 = 20V$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด;

$$15.30 I_1 - 2.4 I_2 + 4.7 I_3 = 0.20$$

... สมการ (๑)

วงรอบที่ ๒;

$$(I_2 - I_1) R_2 + (I_2 + I_3) R_4 = 0$$

$$I_2 R_2 - I_1 R_2 + I_2 R_4 + I_3 R_4 = 0$$

$$- I_1 R_2 + I_2 (R_2 + R_4) + I_3 R_4 = 0$$

$$- 240 I_1 + (240 + 270) I_2 + 270 I_3 = 0$$

$$- 240 I_1 + 510 I_2 + 270 I_3 = 0$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด;

$$- 2.4 I_1 + 5.1 I_2 + 2.7 I_3 = 0$$

... สมการ (๒)

วงรอบที่ ๓;

$$(I_1 + I_3) R_3 + (I_2 + I_3) R_4 = E_2$$

$$I_1 R_3 + I_3 R_3 + I_2 R_4 + I_3 R_4 = E_2$$

$$I_1 R_3 + I_2 R_4 + I_3 (R_4 + R_3) = E_2$$

$$470 I_1 + 270 I_2 + (270 + 470) I_3 = 15$$

$$470 I_1 + 270 I_2 + 740 I_3 = 15$$

เอา ๑๐๐ หารตลอด;

$$4.7 I_1 + 2.7 I_2 + 7.4 I_3 = 0.15$$

...สมการ (๓)

เขียนสมการที่ (๑), (๒) และ (๓) ใหม่ในรูปของเมทริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 15.30 & -2.4 & 4.7 \\ -2.4 & 5.1 & 2.7 \\ 4.7 & 2.7 & 7.4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.20 \\ 0 \\ 0.15 \end{bmatrix}$$

...สมการ (๔)

หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\Delta = \begin{vmatrix} 15.30 & -2.4 & 4.7 \\ -2.4 & 5.1 & 2.7 \\ 4.7 & 2.7 & 7.4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 15.30 & -2.4 \\ -2.4 & 5.1 \\ 4.7 & 2.7 \end{vmatrix}$$

$$= [(15.30)(5.1)(7.4) + (-2.4)(2.7)(4.7) + (4.7)(-2.4)(2.7)]$$

$$- [(4.7)(5.1)(4.7) + (2.7)(2.7)(15.30) + (7.4)(-2.4)(-2.4)]$$

$$= [577.422 - 30.456 - 30.456] - [112.659 + 111.537 + 42.624]$$

$$\Delta = 516.51 - 266.82 = 249.69$$

หาค่ากระแสไฟฟ้า I_1, I_2 และ I_3 ได้ดังนี้

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0.20 & -2.4 & 4.7 \\ 0 & 5.1 & 2.7 \\ 0.15 & 2.7 & 7.4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 0.20 & -2.4 \\ 0 & 5.1 \\ 0.15 & 2.7 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$= \frac{7.548 + (-0.972) + 0 - 3.5955 - 1.458 - 0}{249.69} = \frac{1.5225}{249.69}$$

$$I_1 = 0.006098 \text{ A} = 6.098 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 15.3 & 0.20 & 4.7 \\ -2.4 & 0 & 2.7 \\ 4.7 & 0.15 & 7.4 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 15.30 & 0.20 \\ -2.4 & 0 \\ 4.7 & 0.15 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$= \frac{0 + 2.538 + (-1.692) - 0 - 6.1965 - (-3.552)}{249.69} = \frac{-1.7985}{249.69}$$

$$I_2 = 0.0072 \text{ A} = -7.20 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 15.3 & -2.4 & 0.20 \\ -2.4 & 5.1 & 0 \\ 4.7 & 2.7 & 0.15 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} 15.30 & -2.4 \\ -2.4 & 5.1 \\ 4.7 & 2.7 \end{vmatrix}}{\Delta}$$

$$= \frac{11.7045 + 0 + (-1.296) - 4.794 - 0 - 0.864}{249.69}$$

$$= \frac{4.7505}{249.69}$$

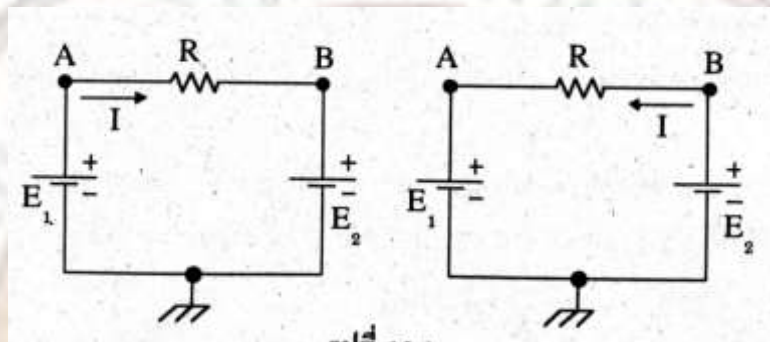
$$I_3 = 0.019026 \text{ A} = 19.026 \text{ mA}$$

๒. โหนดโวลต์เตจ (Node Voltage)

การแก้ปัญหาวจรไฟฟ้า สามารถแก้ปัญหาได้หลายวิธีด้วยกัน วิธีโหนดโวลต์เตจเป็นอีกวิธีหนึ่งที่เป็นที่นิยมกันมากในการแก้ปัญหา ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นการเปรียบเทียบแรงดันระหว่างจุด (Node) ซึ่งมีความต่างศักย์ไม่เท่ากัน โดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลจากจุดที่มีแรงดันไฟฟ้าสูงกว่าไปสู่จุดที่มีแรงดันไฟฟ้าที่ต่ำกว่า และจะนำกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์มาใช้ในการแก้ปัญหา

Node	คือ	จุดต่อที่มีจำนวนสาขาดั้งแต่ ๒ สาขาขึ้นไป
Reference Node	คือ	จุดอ้างอิงหรือจุดที่กำหนดให้มีความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นศูนย์
Node Voltage	คือ	จุดแรงดันไฟฟ้า เป็นจุดที่จะต้องคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าโดยเปรียบเทียบกับจุดอ้างอิง

การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า



a

b

รูป

จากรูป จะได้

$$V_A = E_1$$

และ

$$V_B = E_2$$

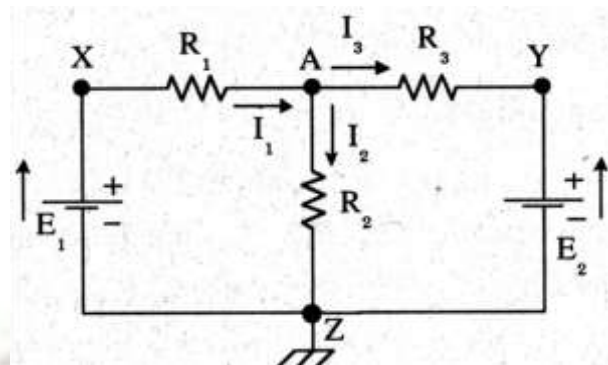
รูป (a) $E_1 > E_2$ หรือ $V_A > V_B$ กระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุด A $\longrightarrow$ B
จะได้

$$I = \frac{V_A - V_B}{R}$$

รูป (b) $E_2 > E_1$ หรือ $V_B > V_A$ กระแสไฟฟ้าจะไหลจากจุด B $\longrightarrow$ A
จะได้

$$I = \frac{V_B - V_A}{R}$$

การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยวิธี Node Voltage มีวิธีการดังนี้



รูป

๑. กำหนดจุดหรือโนดลงในวงจรไฟฟ้า

๑.๑ จุดอ้างอิงหรือจุดกราวด์ (Reference Node) ให้เลือกจุดต่อที่มีสาขามากที่สุดในวงจรไฟฟ้า (จุด Z)

๑.๒ จุดแรงดันไฟฟ้า (Node Voltage) เลือกจุดที่สาขาตั้งแต่ ๒ สาขาขึ้นไป (จุด A)

๒. กำหนดกระแสไฟฟ้าที่โนดโวลต์เตจ (จุด A) โดยที่การกำหนดกระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา ไม่มีข้อกำหนดตายตัว โดยจะให้กระแสไฟฟ้าแต่ละสาขาไหลเข้าหรือไหลออกจากจุดใดก็ได้

๓. เขียนสมการกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ที่โนดโวลต์เตจ (จุด A)

๓.๑ จากรูป สมการกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่จุด A จะได้

$$I_1 = I_2 + I_3$$

หรือ
$$I_1 - I_2 + I_3 = 0$$

๓.๒ แทนค่ากระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา ด้วยความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดแล้วหาร

ด้วยความต้านทาน โดยการพิจารณาทิศทางของกระแสไฟฟ้าแต่ละสาขา

จากรูป จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้า I_1 ไหลจาก X $\rightarrow$ A สรุปว่า $V_X > V_A$ จะได้

$$I_1 = \frac{V_X - V_A}{R_1}$$

เมื่อ $V_X = E_1$ จะได้

$$I_1 = \frac{E_1 - V_A}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_A - V_Z}{R_2}$$

เมื่อ $V_Z = 0$ จะได้

$$I_2 = \frac{V_A}{R_2}$$

กระแสไฟฟ้า I_3 ไหลจาก A $\rightarrow$ Y สรุปว่า $V_A > V_Y$ จะได้

และ

$$I_3 = \frac{V_A - V_Y}{R_3}$$

เมื่อ $V_Y = E_m$ จะได้

$$I_3 = \frac{V_A - V_2}{R_3}$$

๔. แทนค่าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานที่ทราบค่า แล้วแก้สมการหาค่าตัวไม่ทราบค่า (V_A)

ข้อสังเกต จำนวนของสมการจะมีค่าเท่ากับจำนวนของโนดโวลต์เตจ ดังนั้นถ้ามีจำนวนโนดโวลต์เตจตั้งแต่ ๒ โหนดขึ้นไป การแก้สมการจำเป็นต้องนำวิธีการแก้สมการโดยดีเทอร์มิแนนต์มาช่วยในการการสมการหาค่าตัวไม่ทราบค่า

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
คำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการวิเคราะห์วงจร	มีทักษะในการคำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการวิเคราะห์วงจร

๕. กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๖ เรื่อง วิธีการวิเคราะห์วงจร สอนครั้งที่ ๑๐ – ๑๒ / ๑๘

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนรู้การสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/ หลักฐาน	เครื่องมือและ วิธีการวัดผล
๑๐ - ๑๒ (๑๒ ชั่วโมง) ๑. สมการเชิงเส้น ตัวแปรเดียว ๒. สมการเชิงเส้น สองตัวแปร ๓. ดีเทอมิแนนต์ และเมตทริก ๔. ส่วนประกอบ ของวงจร ๕. การวิเคราะห์ ด้วยเมช ๖. การวิเคราะห์ ด้วยโนด	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบ รายชื่อนักเรียนแลกเปลี่ยน ข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียน ยกตัวอย่างการใช้ดีเทอมิ แนนต์และเมตทริก ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องสมการ เชิงเส้นตัวแปรเดียวและสอง ตัวแปร ๒. ครูอธิบายในเรื่องดีเทอมิ แนนต์และเมตทริก ๓. ครูอธิบายในเรื่องการ วิเคราะห์ด้วยเมช ๔. ครูอธิบายในเรื่องการ วิเคราะห์ด้วยโนด ๕. มอบหมายการปฏิบัติใบ งานที่ ๗ - ๙ ๖. นักเรียนฟังครูอธิบาย ตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึก และค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติม ในเว็บไซด์ http://krudirek.bspc.ac.th/ ๓. ขั้นประยุกต์ใช้ ๑. ทำการมอบหมายงานให้ นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อ เรื่องวงจรอนุกรม ๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติม ในหน่วยที่ ๖ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และ แนะนำอย่างใกล้ชิด	๑. เอกสารประกอบ วิชาวงจรไฟฟ้า กระแสดตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับ โทรศัพท์ ๔. เครื่อง คอมพิวเตอร์พกพา หรือแท็บเล็ต หรือ สมาร์ทโฟน	- แบบประเมิน พฤติกรรมการ เรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบ หลังเรียน - ใบงานการ ทดลองที่ ๗ - ๙	- นักเรียนทดสอบ แบบทดสอบหลัง เรียน - สังเกตพฤติกรรม ผู้เรียนและประเมิน ลงแบบประเมินด้าน คุณธรรม จริยธรรม และคุณลักษณะที่ พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ ของนักเรียน

	๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๖ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เฉลย แบบฝึกหัด <u>๔.ขั้นสรุปและประเมินผล</u> ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๖ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียนในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำความสะอาด ห้องเรียน ครูดูแลการทำความสะอาดห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขในกลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาในการสอนครั้งต่อไป			
--	---	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๔	คะแนน
ทักษะ	๓	คะแนน
จิตพิสัย	๓	คะแนน
รวม	๑๐	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ ๖ วิธีวิเคราะห์วงจร

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. ข้อใดคือวิธีการกระแสไฟฟ้าเมซ

- ก. กำหนดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน
- ข. กำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลวนในแต่ละวงจรปิด
- ค. กำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลออกในแต่ละวงจรเปิด
- ง. กำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าในแต่ละวงจรปิด

๒. สมการที่ใช้ในวิธีวงจรกระแสไฟฟ้าเมซจะกำหนดได้จากข้อใด

- ก. กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า
- ข. กฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์
- ค. กฎการแบ่งแรงดัน
- ง. กฎของโอห์ม

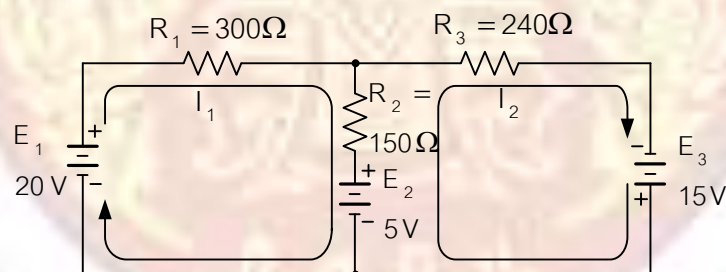
๓. การไหลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงรอบ จะกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางใด

- ก. ไปทางไหนก็ได้ที่ง่ายต่อการแก้ปัญหา
- ข. ไปตามเข็มนาฬิกา
- ค. ทวนเข็มนาฬิกา
- ง. วนซ้าย

๔. ถ้าการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าผลปรากฏว่ามีค่าเป็นลบ ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุในข้อใด

- ก. กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางเดียวกับที่สมมติขึ้นมา
- ข. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าผิดขั้ว
- ค. กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางตรงข้ามกับที่สมมติขึ้น
- ง. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าจ่ายกระแสไฟฟ้าถูกขั้ว

จากวงจรไฟฟ้าดังรูปที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อ ๕-๑๕



๕. จากวงจร สมการในวงรอบที่ ๑ คือข้อใด

- ก. $I_1(R_1 + R_3) + I_2 R_3 = E_1 + E_2$
- ข. $I_1(R_1 + R_2) - I_2 R_2 = E_1 - E_2$
- ค. $I_1(R_1 + R_3) - I_2 R_3 = E_1 + E_2$
- ง. $I_1(R_1 + R_2) + I_2 R_2 = E_1 - E_2$

๖. จากวงจร สมการในวงรอบที่ ๒ คือข้อใด

- ก. $I_1 R_2 + I_2(R_2 + R_3) = E_2 + E_3$
- ข. $-I_1 R_1 + I_2(R_2 + R_3) = E_2 - E_3$
- ค. $I_1 R_1 + I_2(R_2 + R_3) = E_2 - E_3$
- ง. $-I_1 R_2 + I_2(R_2 + R_3) = E_2 + E_3$

๗. จากวงจร สมการในวงรอบที่ ๑ คือข้อใด

ก. $5.4I_1 + 2.4I_2 = 0.25$

ข. $4.5I_1 - 1.5I_2 = 0.15$

ค. $5.4I_1 - 2.4I_2 = 0.25$

ง. $4.5I_1 + 1.5I_2 = 0.15$

๘. จากวงจร สมการในวงรอบที่ ๒ คือข้อใด

ก. $1.5I_1 + 3.9I_2 = 0.20$

ข. $3I_1 - 3.9I_2 = 0.10$

ค. $3I_1 + 3.9I_2 = 0.10$

ง. $-1.5I_1 + 3.9I_2 = 0.20$

๙. กระแสไฟฟ้าในวงรอบกระแสไฟฟ้า I_1 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 88.318 mA

ข. 73.529 mA

ค. 57.843 mA

ง. 15.686 mA

๑๐. ค่ากระแสไฟฟ้าในวงรอบกระแสไฟฟ้า I_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. 15.686 mA

ข. 57.843 mA

ค. 73.529 mA

ง. 88.318 mA

๑๑. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน R_2 คือข้อใด

ก. 15.686 mA

ข. 57.843 mA

ค. 73.529 mA

ง. 88.318 mA

๑๒. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 คือข้อใด

ก. 2.353 V

ข. 4.514 V

ค. 11.569 V

ง. 17.647 V

๑๓. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 คือข้อใด

ก. 2.353 V

ข. 11.569 V

ค. 17.647 V

ง. 17.353 V

๑๔. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 คือข้อใด

ก. 2.353 V

ข. 4.514 V

ค. 17.647 V

ง. 15.234 V

๑๕. กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน R_2 คือข้อใด

ก. 1.716 W

ข. 1.004 W

ค. 0.911 W

ง. 0.669 W

สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน

แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
 - ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
 - ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
 - ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
 - ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินตามสภาพจริงประจำหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๗ เรื่อง การแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน จำนวน ๘ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๗. บอกวิธีการใช้หลักทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่ายในการวิเคราะห์วงจรได้ (ด้านความรู้)
๘. อธิบายวิธีการใช้หลักทฤษฎีการวางซ้อนในการวิเคราะห์วงจรได้ (ด้านความรู้)
๙. เพื่อให้คำนวณโดยวิธีการใช้หลักทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่ายได้ (ด้านทักษะ)
๑๐. เพื่อให้คำนวณโดยวิธีการใช้หลักทฤษฎีการวางซ้อนได้ (ด้านทักษะ)
๑๑. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

๒. สมรรถนะประจำหน่วย

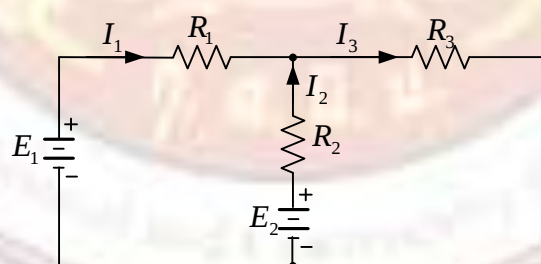
คำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน

๓. เนื้อหา

๑. หลักการของทฤษฎีการวางซ้อน

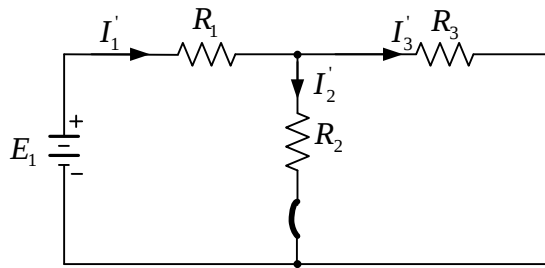
วงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีหลายแหล่งกำเนิดไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งกำเนิด สามารถพิจารณาหาปริมาณกระแสไฟฟ้าที่ไหลจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ละชุด จนกระทั่งครบทุกชุด แล้วหาค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริง ด้วยการรวมทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวอันเนื่องจากแหล่งกำเนิดไฟฟ้าแต่ละชุดในสาขาต่าง ๆ มารวมกันทางพีชคณิต จะได้ทิศทางกระแสไฟฟ้าที่ถูกต้องและเกิดขึ้นจริงในวงจรไฟฟ้านั้น ๆ การพิจารณาแหล่งกำเนิดไฟฟ้าที่ละชุดนี้ เราเรียกว่าหลักการของทฤษฎีการวางซ้อน (Super Position Theorem) ขั้นตอนการใช้หลักการของทฤษฎีการวางซ้อนมีขั้นตอนดังนี้

๑.๑ กำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในแต่ละสาขาของวงจรไฟฟ้าไปในทิศทางใดก็ได้ พร้อมระบุลำดับที่ของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ (ก)

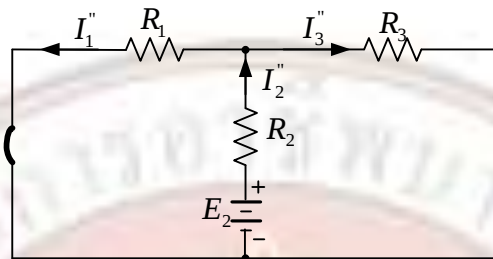


(ก) วงจรไฟฟ้าตัวอย่าง

๑.๒ เลือกพิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าหรือแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าที่ละชุด โดยให้แหล่งกำเนิดที่เหลือลัดวงจรในกรณีที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า หรือให้เปิดวงจรในกรณีเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ (ข) และ (ค) คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ถูกต้องจนครบทุกตัว โดยใช้กฎของโอห์ม กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า หรือด้วยวิธีการอื่นๆ



(ข) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า E_1 ลัดวงจรที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า E_2



(ค) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า E_2 ลัดวงจรที่แหล่งกำเนิดไฟฟ้า E_1

๑.๓ หาค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริง โดยพิจารณาจากรูปที่ ๑๒.๑ (ข) และ (ค) ดังนี้

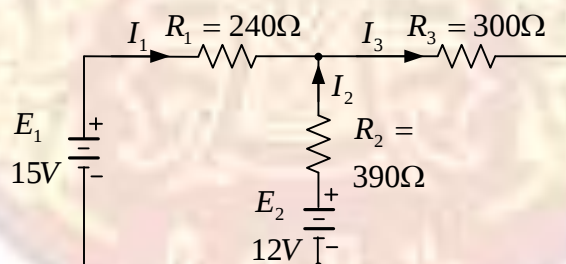
$$I_1 = I_1' + (-I_1'') \quad \text{หรือ} \quad I_1 = I_1' + (-I_1')$$

$$I_2 = I_2' + (-I_2'') \quad \text{หรือ} \quad I_2 = I_2' + (-I_2')$$

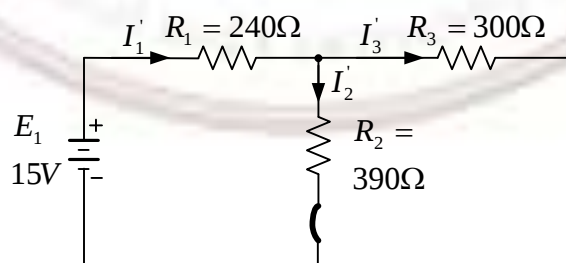
$$I_3 = I_3' + I_3''$$

๒. ตัวอย่างการคำนวณ

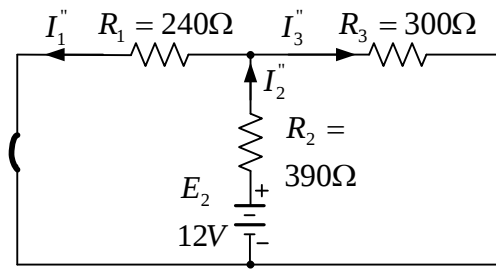
ตัวอย่างที่ ๑ จากวงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหาค่า I_1 , I_2 และ I_3 โดยใช้ทฤษฎีการวางซ้อน



(ก) วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า ๒ ชุด



(ข) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า E_1



(ค) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า E_2

วิธีทำ

๑. พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_1 = 15V$ และลัดวงจรที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_2 = 12V$ ดังรูปที่ (ข)

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1', I_2', I_3' อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_1 = 15V$ โดยใช้กฎของโอห์มและกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$R_T' = R_1 + (R_2 // R_3) = 240\Omega + \frac{(390\Omega)(300\Omega)}{390\Omega + 300\Omega} = 409.565\Omega$$

$$I_1' = \frac{E_1}{R_T'} = \frac{15V}{409.565\Omega} = 36.624mA$$

$$I_2' = \frac{I_1' R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(36.624mA)(300\Omega)}{390\Omega + 300\Omega} = 15.924mA$$

$$I_3' = I_1' - I_2' = 36.624mA - 15.924mA = 20.70mA$$

๒. พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_2 = 12V$ และลัดวงจรที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_1 = 15V$ ดังรูปที่ (ค)

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1'', I_2'', I_3'' อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_2 = 12V$ โดยใช้กฎของโอห์ม และกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$R_T'' = R_2 + (R_1 // R_3) = 390\Omega + \frac{(240\Omega)(300\Omega)}{240\Omega + 300\Omega} = 523.333\Omega$$

$$I_2'' = \frac{E_2}{R_T''} = \frac{12V}{523.333\Omega} = 22.930mA$$

$$I_1'' = \frac{I_2'' R_3}{R_1 + R_3} = \frac{(22.930mA)(300\Omega)}{240\Omega + 300\Omega} = 12.739mA$$

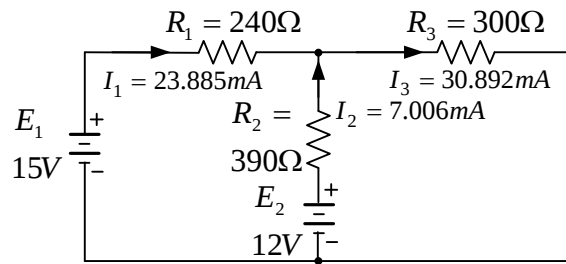
$$I_3'' = I_2'' - I_1'' = 22.930mA - 12.739mA = 10.191mA$$

๓. ค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงหาได้โดยการรวมกันทางพีชคณิต ดังนี้

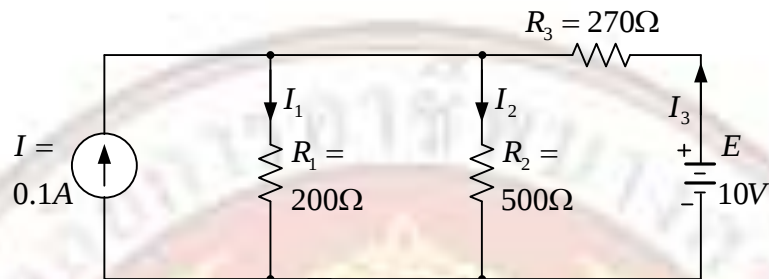
$$I_1 = I_1' - I_1'' = 36.624mA - 12.739mA = 23.885mA$$

$$I_2 = I_2' - I_2'' = 15.924mA - 22.930mA = -7.006mA$$

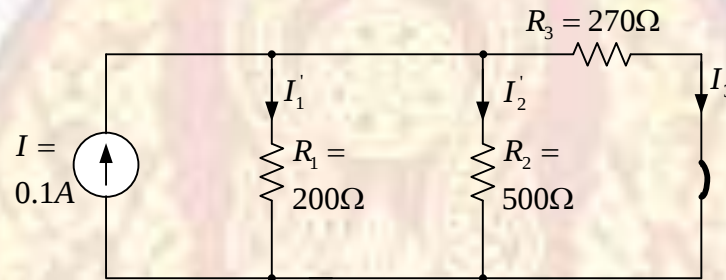
$$I_3 = I_3' + I_3'' = 20.701mA + 10.191mA = 30.892mA$$



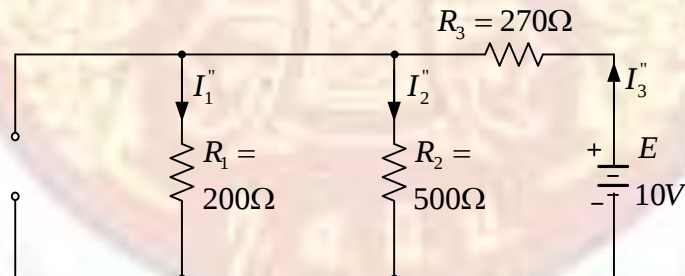
ตัวอย่างที่ ๒ จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1 , I_2 และ I_3 จากวงจรไฟฟ้าดังรูปที่กำหนดให้



(ก) วงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า



(ข) พิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า ๐.๑ A



(ค) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า ๑๐ V

วิธีทำ

๑. พิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_1 = 0.1A$ และลัดวงจรที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E = 10V$ ดังรูปที่ (ข)

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I'_1, I'_2, I'_3 อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_1 = 0.1A$ โดยใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$R'_T = R_1 // R_2 // R_3 = \frac{1}{\frac{1}{200\Omega} + \frac{1}{500\Omega} + \frac{1}{270\Omega}} = 93.426\Omega$$

$$I'_1 = \frac{I_1 R'_T}{R_1} = \frac{(0.1A)(93.426\Omega)}{200\Omega} = 0.046713A$$

$$I_2' = \frac{I_1 R_T'}{R_2} = \frac{(0.1)(93.426\Omega)}{500\Omega} = 0.018685 A$$

$$I_3' = \frac{I_1 R_T'}{R_3} = \frac{(0.1A)(93.426\Omega)}{270\Omega} = 0.034602 A$$

๒. พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E_2 = 10V$ และเปิดวงจรที่แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I = 0.1A$ ดังรูปที่ (ค)

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1'', I_2'', I_3'' อันเนื่องจากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า $E = 10V$ โดยใช้กฎของโอห์ม และกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$R_T'' = R_3 + (R_1 // R_2) = 270\Omega + \frac{(200\Omega)(500\Omega)}{200\Omega + 500\Omega} = 412.857\Omega$$

$$I_3'' = \frac{E}{R_T''} = \frac{10V}{412.857\Omega} = 0.024222 mA$$

$$I_1'' = \frac{I_3'' R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(0.024222 A)(500\Omega)}{200\Omega + 500\Omega} = 0.017301 A$$

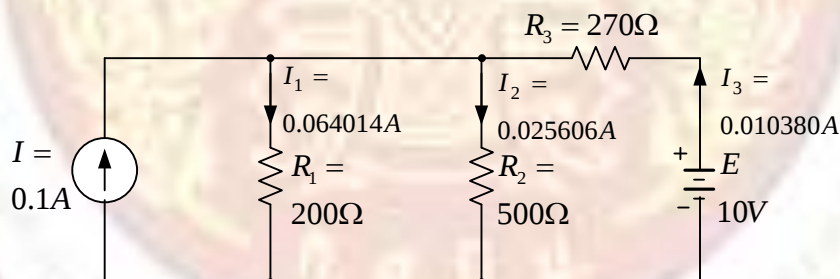
$$I_2'' = I_3'' - I_1'' = 0.024222 A - 0.017301 A = 0.006921 A$$

๒. ค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงหาได้โดยการรวมกันทางพีชคณิต ดังนี้

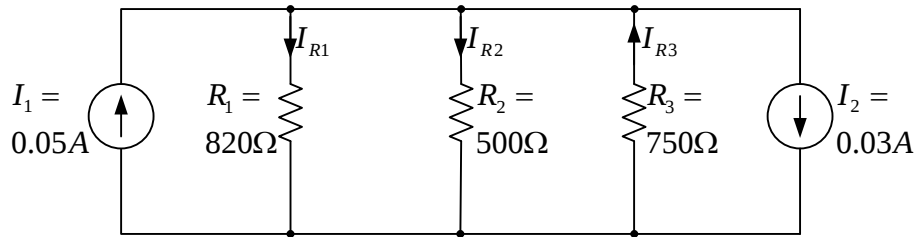
$$I_1 = I_1' + I_1'' = 0.046713 A + 0.017301 A = 0.064014 A$$

$$I_2 = I_2' + I_2'' = 0.018685 A + 0.006921 A = 0.025606 A$$

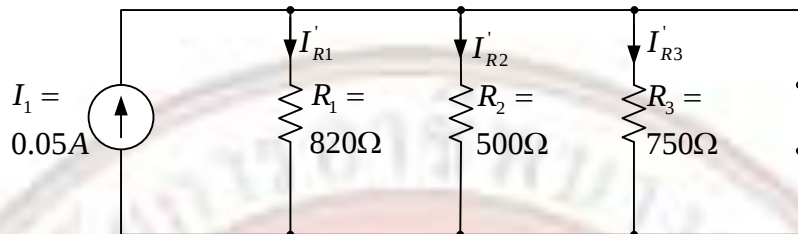
$$I_3 = I_3' - I_3'' = 0.034602 A - 0.024222 A = 0.010380 A$$



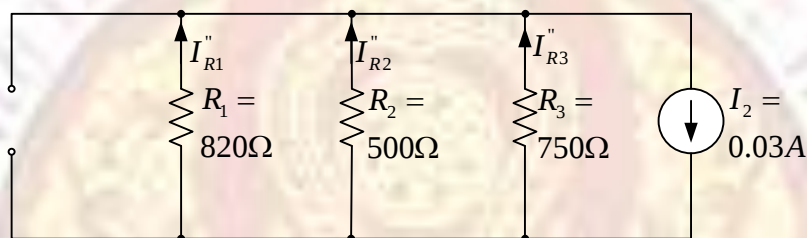
ตัวอย่างที่ ๓ วงจรไฟฟ้าดังรูปที่กำหนดให้ จงคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน $R_2 = 500\Omega$



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า ๒ ชุด



(ข) พิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_1 = 0.05A$



(ค) พิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_2 = 0.03A$

วิธีทำ

๑. พิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_1 = 0.05A$ และเปิดวงจรที่แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_2 = 0.03A$ ดังรูปที่ (ข)

คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I'_{R2} อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_1 = 0.05A$ โดยใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$R'_T = R_1 // R_2 // R_3 = \frac{1}{\frac{1}{820\Omega} + \frac{1}{500\Omega} + \frac{1}{750\Omega}} = 219.643\Omega$$

$$I'_{R2} = \frac{I_1 R'_T}{R_2} = \frac{(0.05A)(219.643\Omega)}{500\Omega} = 0.021964A$$

๒. พิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_2 = 0.03A$ และเปิดวงจรที่แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_1 = 0.05A$ ดังรูปที่ (ค)

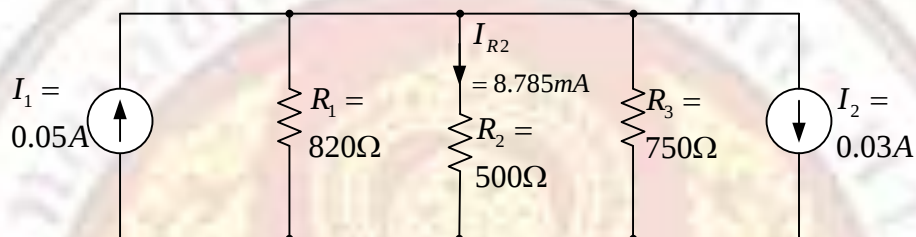
คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_{R2}'' อันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I_2 = 0.03A$ โดยใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$R_T'' = R_1 // R_2 // R_3 = \frac{1}{\frac{1}{820\Omega} + \frac{1}{500\Omega} + \frac{1}{750\Omega}} = 219.643\Omega$$

$$I_{R2}'' = \frac{I_2 R_T''}{R_2} = \frac{(0.03A)(219.643\Omega)}{500\Omega} = 0.013179 A$$

∴ ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน $R_2 = 500\Omega$ คือ

$$I_{R2} = I_{R2}' - I_{R2}'' = 0.021964mA - 0.013179 A = 0.008785 A$$



๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
คำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน	มีทักษะในการคำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๗ เรื่อง การแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน สอนครั้งที่ ๑๓ – ๑๔ / ๑๘

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/ หลักฐาน	เครื่องมือและ วิธีการวัดผล
๑๓ - ๑๔ (๘ ชั่วโมง) ๑. ทฤษฎีการ แปลงแหล่งจ่าย ๒. ทฤษฎีการวาง ซ้อน	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบรายชื่อนักเรียนแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียนยกตัวอย่างการงานทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่าย ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องทฤษฎีการแปลงแหล่งจ่าย ๒. ครูอธิบายในเรื่องทฤษฎีการวางซ้อน ๓. มอบหมายการปฏิบัติใบงานที่ ๑๐ ๔. นักเรียนฟังครูอธิบายตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึกและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมในเว็บไซด์ http://krudirek.bspc.ac.th/ ๓. ขั้นประยุกต์ใช้ ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่องวงจรอนุกรม ๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๗ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และแนะนำอย่างใกล้ชิด	๑. เอกสารประกอบวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับโทรทัศน์ ๔. เครื่องคอมพิวเตอร์พกพาหรือแท็บเล็ต หรือสมาร์ทโฟน	- แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบหลังเรียน - ใบงานการทดลองที่ ๑๐	- นักเรียนทดสอบแบบทดสอบหลังเรียน - สังเกตพฤติกรรมผู้เรียนและประเมินลงแบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์ - สรุปผลการเรียนรู้ของนักเรียน

	๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๗ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เผลย แบบฝึกหัด <u>๔.ขั้นสรุปและประเมินผล</u> ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๗ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียนในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำความสะอาด ห้องเรียน ครูดูแลการทำความสะอาดห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขในกลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาในการสอนครั้งต่อไป			
--	---	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๔	คะแนน
ทักษะ	๑๐	คะแนน
จิตพิสัย	๕	คะแนน
รวม	๑๙	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ ๗ การแปลงแหล่งจ่ายและทฤษฎีบทการวางซ้อน

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. การหาปริมาณทางไฟฟ้าด้วยหลักการของทฤษฎีบทการวางซ้อนเมื่อวงจรไฟฟ้าประกอบด้วยแหล่งกำเนิด ไฟฟ้าก็
ชุด

ก. มากกว่า ๔ ชุด

ข. มากกว่า ๓ ชุด

ค. มากกว่า ๒ ชุด

ง. มากกว่า ๑ ชุด

๒. ข้อใดถูกต้องตามทฤษฎีบทการวางซ้อน

ก. ตัวต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านให้ปลดออกจากวงจร

ข. พิจารณาแหล่งกำเนิดไฟฟ้าชุดใดชุดหนึ่งในวงจรไฟฟ้า

ค. แยกพิจารณาแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทีละชุดจนครบทุกชุด

ง. ลัดวงจรของแหล่งกำเนิดไฟฟ้าทุกตัว

๓. ในการพิจารณาแหล่งกำเนิดไฟฟ้านั้น ถ้ากำลังพิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตัวใดตัวหนึ่ง แหล่งกำเนิด
แรงดันไฟฟ้าที่เหลือควรทำอย่างไร

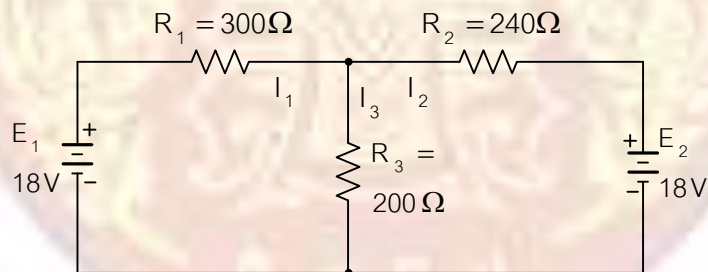
ก. คงไว้เหมือนเดิม

ข. ปลดออกแล้วเปิดวงจร

ค. ปลดออกแล้วทำการลัดวงจร

ง. เปลี่ยนเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า

จากรูปที่กำหนดให้ จงตอบคำถามข้อ ๔-๑๐



๔. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_1 ข้อใดคือ สมการของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3

ก. $\frac{E_1}{R_1 + (R_2 // R_3)}$

ข. $\frac{E_1}{R_1 // (R_2 + R_3)}$

ค. $\frac{E_1}{R_2 + (R_1 // R_3)}$

ง. $\frac{E_1}{R_1 + R_2 + R_3}$

๕. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๑๖ mA

ข. ๒๐ mA

ค. ๓๓ mA

ง. ๔๔ mA

๖. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๒๐ mA

ข. ๒๔ mA

ค. ๔๔ mA

ง. ๖๘ mA

๗. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_1 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๔๔ mA

ข. ๓๓ mA

ค. ๒๔ mA

ง. ๒๐ mA

๘. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_2 ข้อใดคือ สมการของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2

ก. $\frac{E_2}{R_1 + R_2 + R_3}$

ข. $\frac{E_2}{R_2 + (R_1 // R_3)}$

ค. $\frac{E_2}{R_1 // (R_2 + R_3)}$

ง. $\frac{E_2}{R_1 + (R_2 // R_3)}$

๙. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๒๔ mA

ข. ๔๕ mA

ค. ๕๐ mA

ง. ๖๖ mA

๑๐. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_2 ข้อใดคือ สมการของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2

ก. $\frac{I_1 R_1}{R_1 + R_3}$

ข. $\frac{I_2 R_1}{R_1 + R_3}$

ค. $\frac{I_1 R_3}{R_1 + R_3}$

ง. $\frac{I_2 R_3}{R_1 + R_3}$

๑๑. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๑๖ mA

ข. ๒๐ mA

ค. ๓๐ mA

ง. ๕๐ mA

๑๒. เมื่อพิจารณาแหล่งกำเนิด E_2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๓๐ mA

ข. ๒๕ mA

ค. ๒๐ mA

ง. ๑๕ mA

๑๓. ค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๕๔ mA

ข. ๔๔ mA

ค. ๓๔ mA

ง. ๒๔ mA

๑๔. ค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๔๐ mA

ข. ๓๐ mA

ค. ๒๐ mA

ง. ๑๐ mA

๑๕. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับข้อใด

ก. ๑.๖ V

ข. ๔.๒ V

ค. ๗.๒ V

ง. ๑๐.๘ V

สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
- ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
- ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
- ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ

- คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐

ส่วนที่ ๒ แผนการจัดการเรียนรู้และการประเมินตามสภาพจริงประจำหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๘ เรื่อง ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด จำนวน ๑๒ ชั่วโมง

๑. จุดประสงค์การเรียนรู้ประจำหน่วย

๑๒. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว (ด้านความรู้)
๑๓. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับสมการเชิงเส้นสองตัวแปร (ด้านความรู้)
๑๔. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับดีเทอร์มิแนนต์และเมตริก (ด้านความรู้)
๑๕. เพื่อให้มีทักษะในการคำนวณด้วยการวิเคราะห์ด้วยเมช (ด้านทักษะ)
๑๖. เพื่อให้มีทักษะในการคำนวณด้วยการวิเคราะห์ด้วยโนด (ด้านทักษะ)
๑๗. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่อการเตรียมความพร้อมด้าน วัสดุ อุปกรณ์ และการปฏิบัติงานอย่างถูกต้อง สำเร็จภายในเวลาที่กำหนด มีเหตุและผลตามหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง (ด้านคุณธรรม จริยธรรม)

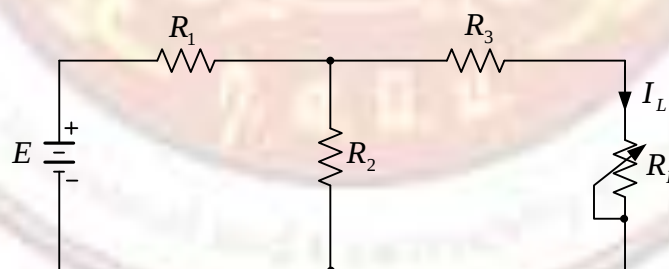
๒. สมรรถนะประจำหน่วย

คำนวณค่ากระแสและแรงดันโดยวิธีการวิเคราะห์วงจร

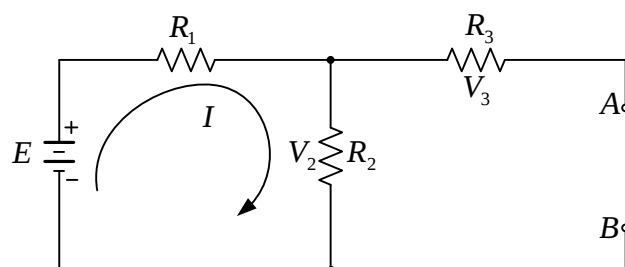
๓. เนื้อหา

๑. หลักการทฤษฎีของเทวินิน

หลักการทฤษฎีของเทวินิน กล่าวไว้ว่า ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้น (Linear Network) ใด ๆ สามารถยุบรวมนวงจรไฟฟ้าใหม่ได้ เป็นวงจรไฟฟ้าที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าหนึ่งชุดต่ออนุกรมกับค่าความต้านทานหนึ่งตัว ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า เราเรียกว่า แรงดันไฟฟ้าของเทวินิน เขียนสัญลักษณ์แทนด้วย E_{th} และค่าความต้านทานที่ต่ออนุกรมกับแรงดันไฟฟ้าของเทวินินเราเรียกว่า ค่าความต้านทานของเทวินิน เขียนแทนด้วย R_{th} ซึ่งมีลำดับขั้นตอนการหาค่า E_{th} และ R_{th} ดังต่อไปนี้

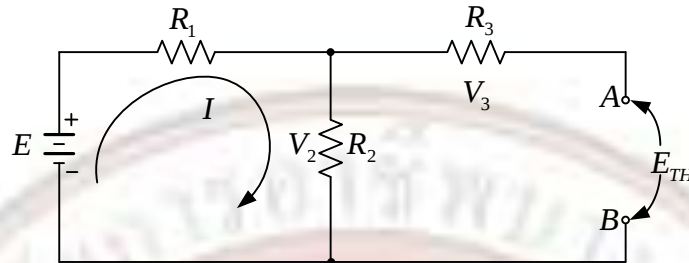


๑.๑ จากวงจรดังรูปเมื่อต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านค่าความต้านทานโหลดที่เปลี่ยนค่าได้ ให้ปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A-B แสดงดังรูปต่อไปนี้

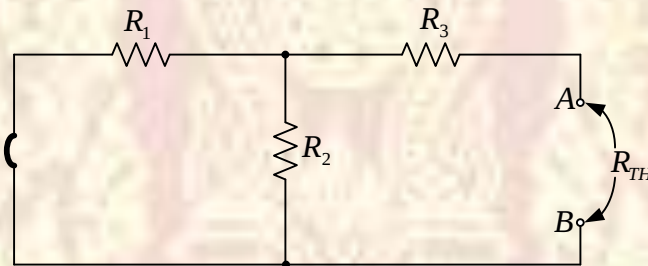


๑.๒ การหาค่าแรงดันไฟฟ้าของเทวินิน (E_{th}) คือแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุด A กับ B ตรงที่ปลดค่าความต้านทานโหลดออกจากวงจร จากวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ ๑๓.๓ มองจากจุด A ไปจุด B จะเห็นได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าของเทวินินจะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 และ R_3 นั่นคือ $E_{th} = V_2 + V_3$ แต่ $V_3 = 0V$ เพราะไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3 ดังนั้น $E_{th} = V_2$

การหาค่าแรงดันไฟฟ้า V_2 จะใช้กฎของโอห์ม การแบ่งแรงดันไฟฟ้า วิธีวงจรกระแสไฟฟ้า เมช ทฤษฎีการวางซ้อน ก็ได้ตามแต่เห็นสมควร



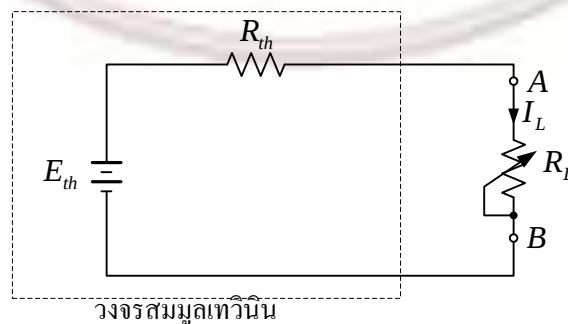
๑.๓ การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th}) ซึ่งเป็นความต้านทานที่มองจากจุด A กับ B ซึ่งเป็นจุดเปิดวงจรเข้ามาภายในวงจร โดยในการหาค่าความต้านทานของเทวินินนั้นจะทำการลัดวงจรแทนแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า หรือเปิดวงจรถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า แล้วแต่กรณี แสดงดังรูปต่อไปนี้



จากวงจรดังรูปที่ได้ จากจุด A ไปจุด B ค่าความต้านทานของเทวินิน (R_{th}) จะเท่ากับค่าความต้านทาน R_3 ต่ออนุกรมกับกลุ่มตัวต้านทาน R_1 และ R_2 ที่ต่อขนานกัน

$$\text{ดังนั้น } R_{th} = R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

๑.๔ นำค่าแรงดันไฟฟ้าของเทวินิน (E_{th}) และค่าความต้านทานของเทวินิน (R_{th}) มาเขียนเป็นวงจรสมมูลของเทวินินในลักษณะการต่อแบบอนุกรมกัน พร้อมกับค่าความต้านทานโหลดที่ปลดออกตามข้อ (๑) มาต่อจุด A และ B ดังรูปต่อไปนี้ แล้วคำนวณหากระแสไฟฟ้า (I_L)

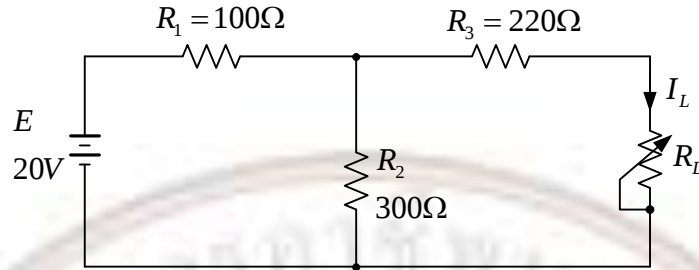


การค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทานโหลด โดยใช้กฎของโอห์มหาได้จากสูตร

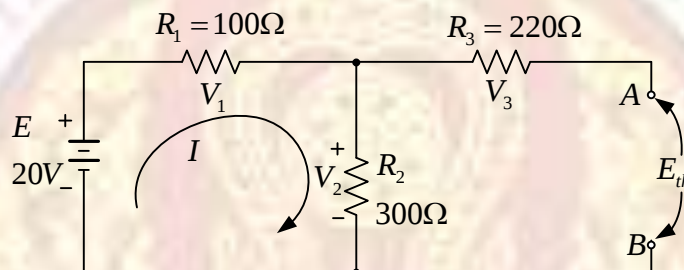
$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L}$$

๑.๑ ตัวอย่างการคำนวณ

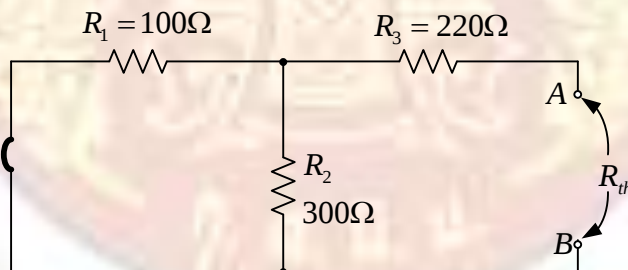
ตัวอย่างที่ ๑ จากวงจรดังรูปที่กำหนดให้ จงใช้ทฤษฎีเทวินินหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L เมื่อ กำหนดให้ $R_L = 200\Omega$ และ 500Ω



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th})



(ค) การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th})

วิธีทำ

๑. จากวงจรรูป (ก) ปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A กับ B สังเกตได้ว่าไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 เพราะที่จุด A กับ B เปิดวงจร ทำให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_3 ค่าแรงดันไฟฟ้าของเทวินิน (E_{th}) ที่จุด A กับจุด B จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 ดังรูปที่ (ข) โดยใช้กฎของโอห์มดังนี้

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{20V}{100\Omega + 300\Omega} = 0.05A$$

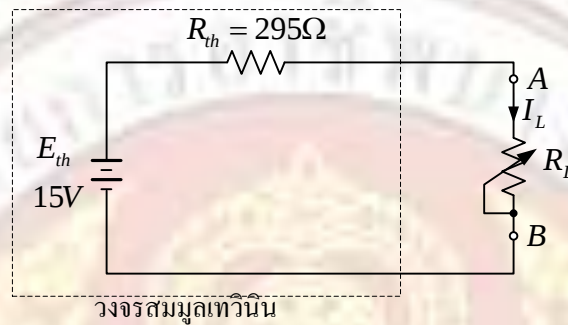
$$V_2 = I \times R_2 = 0.05A \times 300\Omega = 15V$$

ดังนั้น $E_{th} = V_2 = 15V$

๒. หาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th}) จากวงจรรูปที่ (ค) ดังนี้

$$R_{th} = R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = 220\Omega + \frac{(100\Omega)(300\Omega)}{100\Omega + 300\Omega} = 295\Omega$$

๓. เขียนวงจรสมมูลเทวินิน พร้อมนำค่าความต้านทาน $R_L = 200\Omega$ และ 500Ω มาต่อที่จุด A กับ B ดังรูปต่อไปนี้ และหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน R_L ทีละตัว



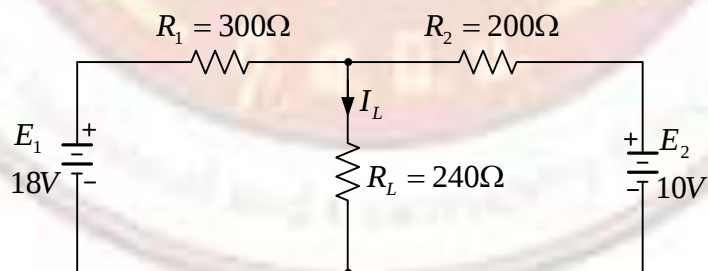
เมื่อ $R_L = 200\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{15V}{295\Omega + 200\Omega} = 0.030303 A = 30.303mA$$

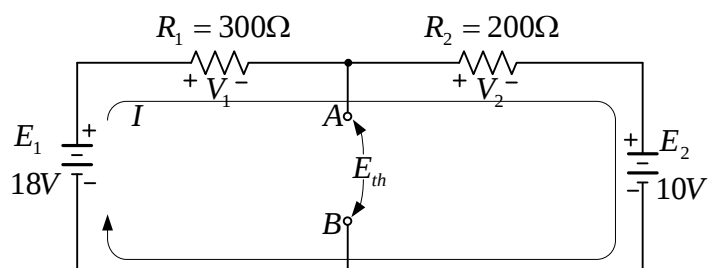
เมื่อ $R_L = 500\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{15V}{295\Omega + 500\Omega} = 0.018868 A = 18.868mA$$

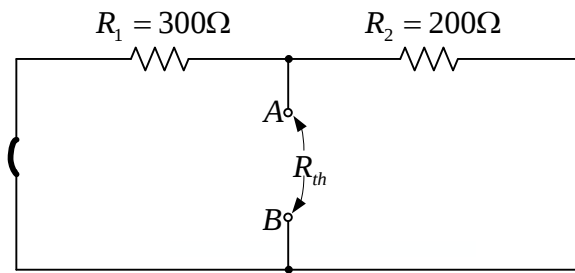
ตัวอย่างที่ ๒ จากวงจรรูป (ก) จงใช้ทฤษฎีเทวินินหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านค่าตัวต้านทาน $R_L = 240\Omega$



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th})



(ค) การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th})

วิธีทำ

จากวงจรรูปที่ (ก) ปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A กับ B หาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th}) ที่จุด A กับจุด B จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด E_1 หักล้างกับแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 หรือแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 รวมกับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งกำเนิด E_2 แสดงดังรูปที่ (ข) ดังนี้

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{18V - 10V}{300\Omega + 200\Omega} = 0.016A$$

$$V_1 = I \cdot R_1 = 0.016A \times 300\Omega = 4.8V$$

$$V_2 = I \cdot R_2 = 0.016A \times 200\Omega = 3.2V$$

ดังนั้น

$$E_{th} = E_1 - V_1 = 18V - 4.8V = 13.2V$$

หรือ

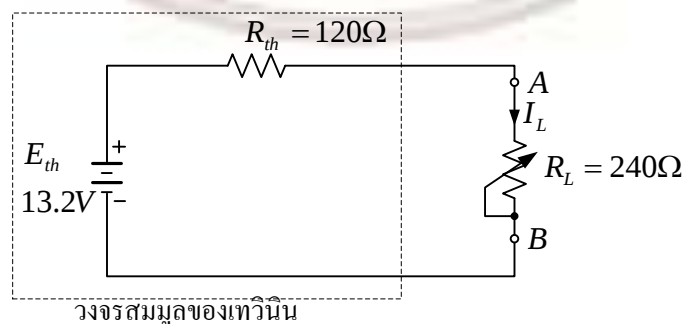
$$E_{th} = E_2 + V_2 = 10V + 3.2V = 13.2V$$

หาค่าความต้านทาน R_{TH} จากรูปที่ (ค) มองจากจุด A ไปจุด B จะเห็นว่า ค่าความต้านทาน R_1 และ R_2 ต่อขนานกัน

ดังนั้น

$$R_{th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{(300\Omega)(200\Omega)}{300\Omega + 200\Omega} = 120\Omega$$

เขียนวงจรสมมูลเทวินิน พร้อมนำค่าความต้านทาน $R_L = 240\Omega$ มาต่อที่จุด A กับ B ดังรูปที่ได้ต่อไปนี้ และหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทาน R_L

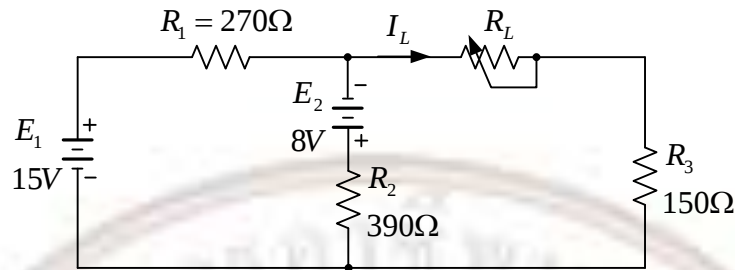


วงจรสมมูลของเทวินิน

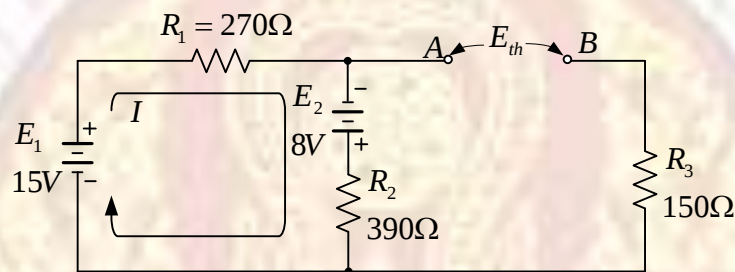
กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{13.2V}{120\Omega + 240\Omega} = 0.036667 A = 36.667mA$$

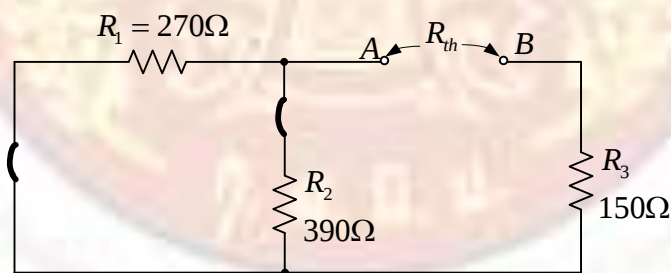
ตัวอย่างที่ ๓ จากรูปที่ ๑๓.๑๐ (ก) จงใช้ทฤษฎีเทวินินหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน R_L เมื่อ กำหนดให้ $R_L = 100\Omega, 300\Omega$ และ 500Ω และกำลังไฟฟ้าที่ไหลแต่ละตัว



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th})



(ค) การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th})

วิธีทำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th}) โดยปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A กับ B แสดงดังรูปที่ (ข) ดังนี้

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2} = \frac{15V + 8V}{270\Omega + 390\Omega} = 0.034848 A$$

$$V_1 = I.R_1 = 0.034848 A \times 270\Omega = 9.409V$$

$$V_2 = I.R_2 = 0.034848 A \times 390\Omega = 13.591V$$

ดังนั้น $E_{th} = -E_2 + V_2 = -8V + 13.591V = 5.591V$

หาค่าความต้านทาน R_{TH} จากรูปที่ (ค) ดังนี้

$$R_{th} = R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = 150\Omega + \frac{(270\Omega)(390\Omega)}{270\Omega + 390\Omega} = 309.545\Omega$$

นำค่า E_{TH} และ R_{TH} เขียนเป็นวงจรเทียบเคียงเทวินิน ดังรูปต่อไปนี้



เมื่อ $R_L = 100\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L และ P_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{5.591V}{309.545\Omega + 100\Omega} = 0.013650 \text{ A}$$

$$P_L = I_L^2 \cdot R_L = (0.013650)^2 (100\Omega) = 0.01863W$$

เมื่อ $R_L = 300\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L และ P_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{5.591V}{309.545\Omega + 300\Omega} = 0.009172 \text{ A}$$

$$P_L = I_L^2 \cdot R_L = (0.009172)^2 (300\Omega) = 0.025236W$$

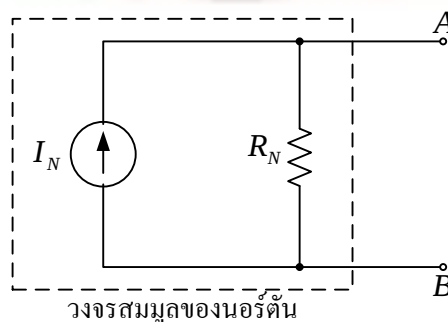
เมื่อ $R_L = 500\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L และ P_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{5.591V}{309.545\Omega + 500\Omega} = 0.006906 \text{ A}$$

$$P_L = I_L^2 \cdot R_L = (0.006906)^2 (500\Omega) = 0.014308W$$

๒. หลักการทฤษฎีของนอร์ตัน

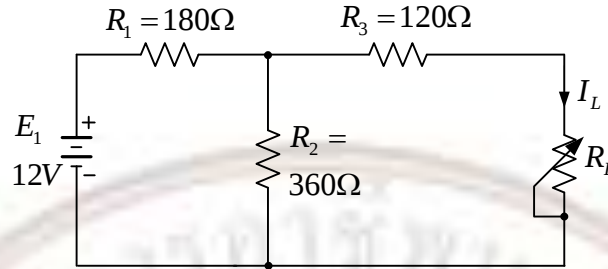
ทฤษฎีของนอร์ตันเป็นทฤษฎี ที่กล่าวไว้ว่าวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นที่มีความซับซ้อน สามารถยุบรวมวงจรให้กลายเป็นแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าตัวหนึ่ง ต่อขนานกับตัวต้านทานตัวหนึ่ง ซึ่งเรียก ว่าวงจรสมมูลของนอร์ตัน แสดงดังรูปที่กำหนดให้ซึ่งประกอบด้วยกระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน เขียนแทนด้วย I_N และความต้านทานของนอร์ตัน เขียนแทนด้วย R_N



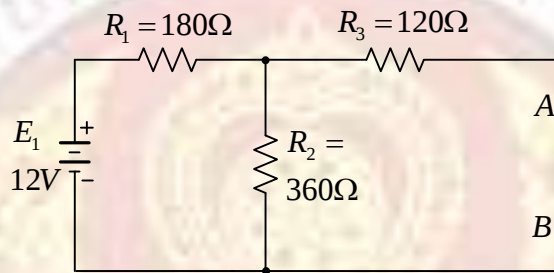
ขั้นตอนการหากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน I_N และความต้านทานของนอร์ตัน R_N ดังตัวอย่างต่อไปนี้

๒.๑ ตัวอย่างการคำนวณ

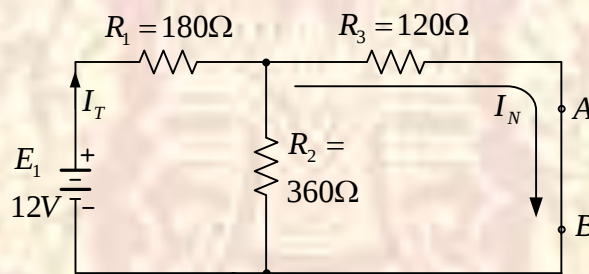
ตัวอย่างที่ ๔ จากวงจรไฟฟ้ารูปที่ ๑๔.๒ (ก) จงคำนวณหากระแสไฟฟ้า I_L โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน เมื่อ กำหนดให้ $R_L = 150\Omega$, 240Ω และ 500Ω



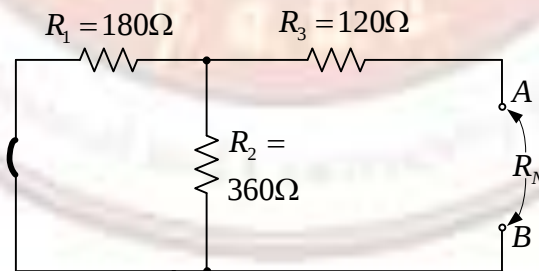
(ก) ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า



(ข) ปลดค่าความต้านทานที่ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน



(ค) การหาค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน



(ง) การหาค่าความต้านทานของนอร์ตัน

วิธีทำ

๑. จากรูป (ก) ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้า I_L ที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_L ที่เปลี่ยนค่าได้ ดังนั้นต้องปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่จุด A กับ B ดังรูปที่ ๑๔.๒ (ข)

๒. การหาค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N) โดยการลัดวงจรที่จุด A กับ B ดังรูปที่ (ค) กระแสไฟฟ้าของนอร์ตันคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 นั้นเอง

จากรูป (ค) จะได้

$$R_T = R_1 + (R_2 // R_3) = 180\Omega + \frac{(360\Omega)(120\Omega)}{360\Omega + 120\Omega} = 270\Omega$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{12V}{270\Omega} = 0.044444 A$$

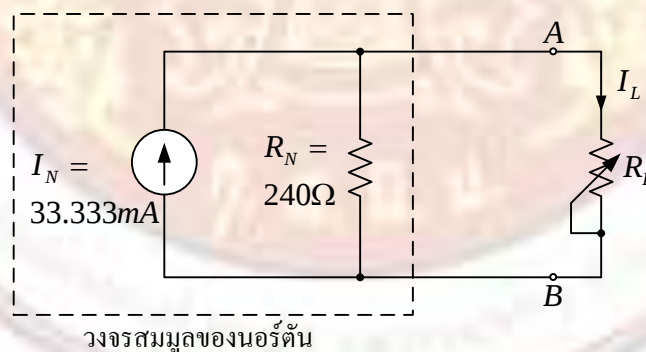
ค่ากระแสไฟฟ้า I_N หาได้โดยใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$I_N = \frac{I_T R_2}{R_2 + R_3} = \frac{(0.044444 A)(360\Omega)}{360\Omega + 120\Omega} = 0.033333 A$$

๓. การหาค่าความต้านทานของนอร์ตัน (R_N) คือความต้านทานมองเข้ามาจากจุด A กับ B จากรูป (ง) ถ้าภายในวงจรไฟฟ้ามีแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าให้ปลดออกแล้วลัดวงจร หรือถ้ามีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าให้ปลดออกแล้วเปิดวงจร ดังรูป (ค)

$$R_N = R_3 + (R_1 // R_2) = 120\Omega + \frac{(180\Omega)(360\Omega)}{180\Omega + 360\Omega} = 240\Omega$$

๔. นำค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N) และค่าความต้านทานของนอร์ตัน (R_N) มาเขียนเป็นวงจรสมมูลของนอร์ตัน และนำค่าความต้านทานโหลด (R_L) ที่ปลดออกจากข้อ (๑) มาต่อที่จุด A กับ B ดังรูปต่อไปนี้ แล้วคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_L ด้วยกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า



เมื่อ $R_L = 150\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(33.333mA)(240\Omega)}{240\Omega + 150\Omega} = 20.513mA$$

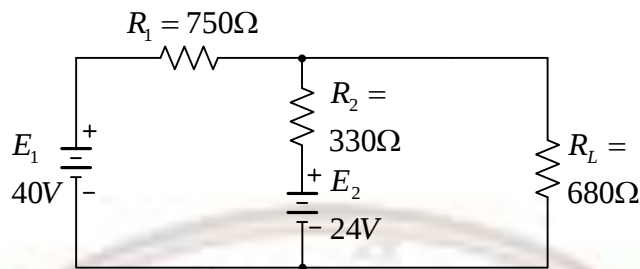
เมื่อ $R_L = 240\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(33.333mA)(240\Omega)}{240\Omega + 240\Omega} = 16.667mA$$

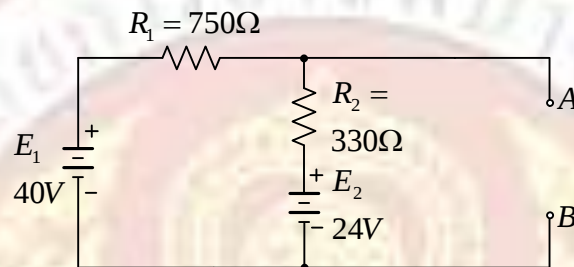
เมื่อ $R_L = 500\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(33.333mA)(240\Omega)}{240\Omega + 500\Omega} = 10.811mA$$

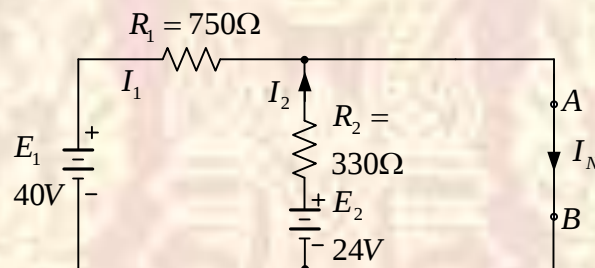
ตัวอย่างที่ ๕ วงจรไฟฟ้ารูปที่กำหนดให้ จงคำนวณหากระแสไฟฟ้า I_L โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน



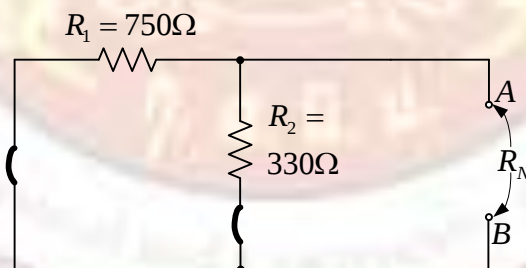
(ก) ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า



(ข) ปลดค่าตัวต้านทานที่ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออก



(ค) การหาค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน



(ง) การหาค่าความต้านทานของนอร์ตัน

วิธีทำ ๑. จากรูป (ก) ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้า I_L ที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_L ที่มีค่าคงที่ ดังนั้นต้องปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่จุด A กับ B ดังรูปที่ (ข)

๒. การหาค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N) โดยการลัดวงจรที่จุด A กับ B ดังรูปที่ (ค) กระแสไฟฟ้าของนอร์ตันคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A กับ B

จากรูปที่ (ค) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดัน $E_1 = 40V$ จะได้

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{40V}{750\Omega} = 0.053333 A = 53.333mA$$

และพิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดัน $E_2 = 24V$ จะได้

$$I_2 = \frac{E_2}{R_2} = \frac{24V}{330\Omega} = 0.072727 A = 72.727mA$$

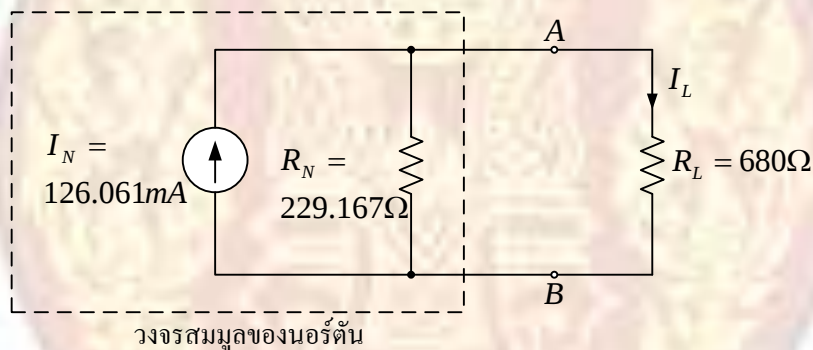
ค่ากระแสไฟฟ้า I_N หาได้ดังนี้

$$I_N = I_1 + I_2 = 0.053333 A + 0.072727 A = 0.126061 A = 126.061mA$$

๓. การหาค่าความต้านทานของนอร์ตัน (R_N) คือความต้านทานมองเข้ามาจากจุด A กับ B จากรูปที่ (ง) ถ้าภายในวงจรไฟฟ้ามีแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าให้ปลดออกแล้วลัดวงจร หรือถ้ามีแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าให้ปลดออกแล้วเปิดวงจร ดังรูปที่ (ค)

$$R_N = R_1 // R_2 = \frac{(750\Omega)(330\Omega)}{750\Omega + 330\Omega} = 229.167\Omega$$

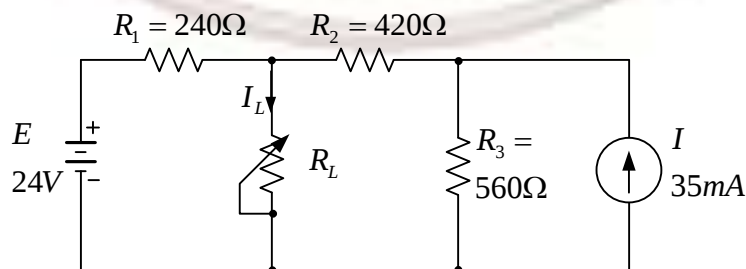
๔. นำค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N) และค่าความต้านทานของนอร์ตัน (R_N) มาเขียนเป็นวงจรสมมูลของนอร์ตัน และนำค่าความต้านทานโหลด (R_L) ที่ปลดออกจากข้อ (๑) มาต่อที่จุด A กับ B ดังรูปต่อไปนี้ แล้วคำนวณหากระแสไฟฟ้า I_L ด้วยกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า



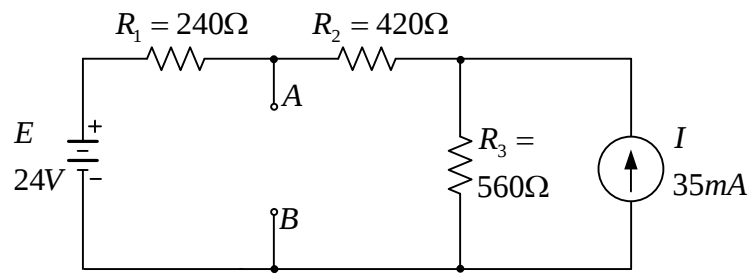
กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(126.061mA)(229.061\Omega)}{680\Omega + 229.061\Omega} = 31.775mA = 0.031775 A$$

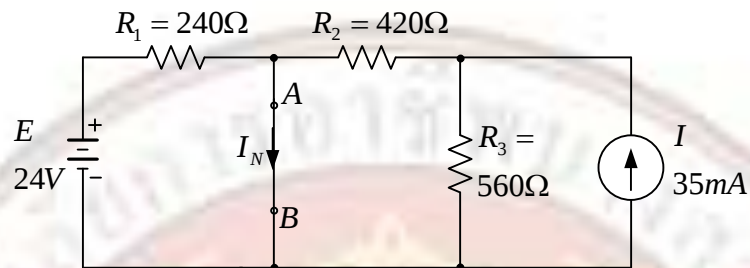
ตัวอย่างที่ ๖ จากวงจรไฟฟ้ารูป (ก) จงคำนวณหากระแสไฟฟ้า I_L โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน เมื่อให้ $R_L = 100\Omega, 180\Omega$ และ 360Ω และหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานโหลด



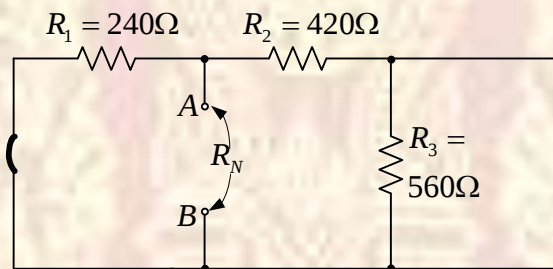
(ก) ตัวอย่างวงจรไฟฟ้า



(ข) ปลดค่าตัวต้านทานที่ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออก



(ค) การหาค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน



(ง) การหาค่าความต้านทานของนอร์ตัน

วิธีทำ ๑. จากรูป(ก) ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้า I_L ที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_L ที่มีค่าคงที่ ดังนั้นต้องปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่จุด A กับ B ดังรูป (ข)

๒. การหาค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N) โดยการลัดวงจรที่จุด A กับ B ดังรูป (ค) กระแสไฟฟ้าของนอร์ตันคือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A กับ B

จากรูป (ค) พิจารณาแหล่งกำเนิดแรงดัน $E_1 = 24V$ จะได้

$$I_1 = \frac{E_1}{R_1} = \frac{24V}{240\Omega} = 0.1A = 100mA$$

และพิจารณาแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า $I = 35mA$ จะได้

$$I_2 = \frac{I \cdot R_3}{R_2 + R_3} = \frac{(0.035A)(560\Omega)}{420\Omega + 560\Omega} = 0.02A = 20mA$$

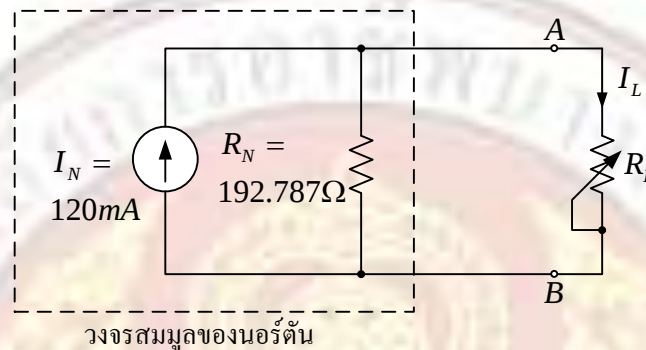
ค่ากระแสไฟฟ้า I_N หาได้ดังนี้

$$I_N = I_1 + I_2 = 0.1A + 0.02A = 0.12A = 120mA$$

๓. การหาค่าความต้านทานของนอร์ตัน (R_N) คือความต้านทานมองเข้ามาจากจุด A กับ B จากรูป (ข) ในวงจรไฟฟ้าปลดแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าออกแล้วลัดวงจร และปลดแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าออกแล้วเปิดวงจร ดังรูป (ง)

$$R_N = R_1 // (R_2 + R_3) = \frac{(240\Omega)(420 + 560)\Omega}{240\Omega + 420\Omega + 560\Omega} = 192.787\Omega$$

๔. นำค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N) และค่าความต้านทานของนอร์ตัน (R_N) มาเขียนเป็นวงจรสมมูลของนอร์ตัน และนำค่าความต้านทานโหลด (R_L) ที่ปลดออกจากข้อ (๑) มาต่อที่จุด A กับ B ดังรูปต่อไปนี้ แล้วคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า I_L ด้วยกฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า



เมื่อ $R_L = 100\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(120mA)(192.787\Omega)}{192.787\Omega + 100\Omega} = 79.015mA = 0.079015A$$

$$P_L = I_L^2 R_L = (0.079015A)^2 (100\Omega) = 0.624W$$

เมื่อ $R_L = 180\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(120mA)(192.787\Omega)}{192.787\Omega + 180\Omega} = 62.058mA = 0.062058A$$

$$P_L = I_L^2 R_L = (0.062058A)^2 (180\Omega) = 0.693W$$

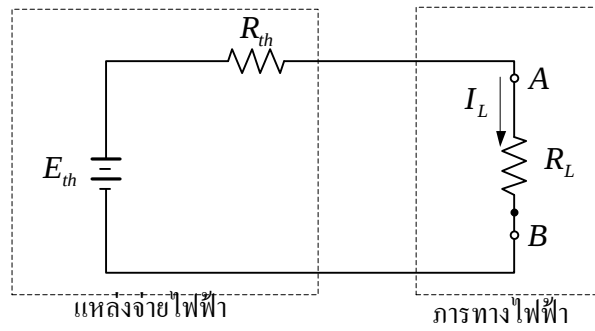
เมื่อ $R_L = 360\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้ดังนี้

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} = \frac{(120mA)(192.787\Omega)}{192.787\Omega + 360\Omega} = 41.851mA = 0.041851A$$

$$P_L = I_L^2 R_L = (0.041851A)^2 (360\Omega) = 0.631W$$

๓. ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

กล่าวไว้ว่า ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าต่ออยู่จะเกิดการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าไปยังภาระทางไฟฟ้าหรือที่เรียกว่าโหลด และเกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power) ที่ภาระทางไฟฟ้านั้น การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าคือการส่งผ่านแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าไปยังภาระทางไฟฟ้านั่นเอง โดยกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นที่ภาระทางไฟฟ้าเมื่อความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีค่าเท่ากับค่าความต้านทานของตัวภาระทางไฟฟ้า วงจรไฟฟ้าต้องต่ออยู่ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง ซึ่งอาจจะเปลี่ยนให้เป็นวงจรสมมูลของเทวินิน เพื่อให้การพิจารณาปริมาณกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้ตัวภาระทางไฟฟ้า สะดวกยิ่งขึ้น ดังรูปต่อไปนี้

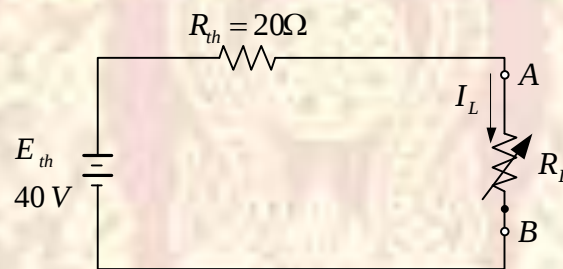


รูปแสดงวงจรสมมูลของเทวินิน

การหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังตัวต้านทาน R_L โดยใช้กฎของโอห์ม จากสมการ

$$P_L = V_L I_L = I_L^2 R_L = \frac{V_L^2}{R_L}$$

จากวงจรไฟฟ้ารูป ถ้ากำหนดให้แรงดัน $E_{TH} = 40V$ และความต้านทาน $R_{TH} = 20\Omega$ เลือกใช้ค่าความต้านทาน R_L ที่ปรับค่าได้ตามตารางที่ ๑๕.๑

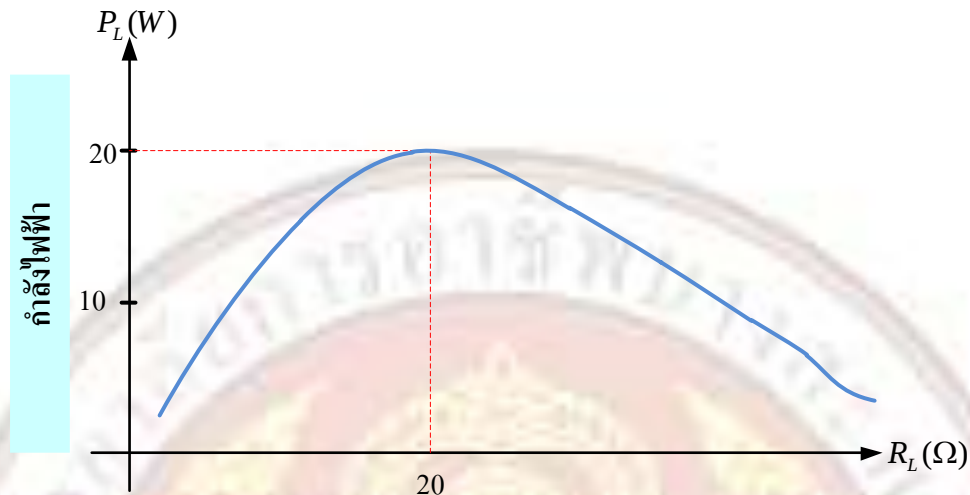


รูปแสดงวงจรไฟฟ้า

ตารางแสดงผลการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด

$R_L (\Omega)$	$I_L (A)$	$V_L (V)$	$P_L (W)$
๒	๑.๘๑๘	๓.๖๓๖	๖.๖๑๒
๖	๑.๕๓๘	๙.๒๓๑	๑๔.๒๐๑
๑๒	๑.๒๕๐	๑๕.๐๐๐	๑๘.๗๕๐
๒๐	๑	๒๐	๒๐
๓๓	๐.๗๕๕	๒๔.๘๐๖	๑๘.๗๘๗
๕๖	๐.๕๒๖	๒๙.๔๗๔	๑๕.๕๑๒
๘๒	๐.๓๘๒	๓๒.๑๕๗	๑๒.๖๑๑
๑๐๐	๐.๓๓๓	๓๓.๓๓๓	๑๑.๑๑๑
๒๒๐	๐.๑๖๗	๓๖.๖๖๗	๖.๑๑๑

จากตารางแสดงผลการทดลองใช้วงจรสมมูลของเทวินิน ซึ่งมีค่า $E_{TH} = 40V$ และ $R_{TH} = 20\Omega$ ต่อตัวต้านทานซึ่งเป็นภาระทางไฟฟ้าที่ปรับค่าได้ (R_L) ขณะที่ตัวต้านทาน R_L ถูกปรับค่าเปลี่ยนไป (๒, ๖, ๑๒,) ค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า จะเปลี่ยนแปลงตามตาราง เมื่อคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้า (P_L) มาเขียนกราฟ จะได้ดังรูปต่อไปนี้



ความต้านทานภาระทางไฟฟ้า

กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต้านทานที่ปรับค่าได้

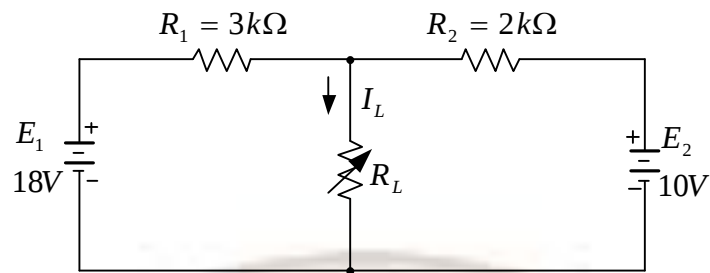
จากกราฟ จะเห็นได้ว่า ขณะที่กำลังไฟฟ้ามีค่าสูงสุด ๒๐ W ขณะที่ใช้ในการทดลองมีค่า R_L เท่ากับ R_{TH} คือ 20Ω สอดคล้องกับทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่กล่าวว่า กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นในตัวภาระทางไฟฟ้า เมื่อความต้านทานของตัวภาระทางไฟฟ้ามีค่าเท่ากับความต้านทานเทวินินของแหล่งจ่ายไฟฟ้าที่มีตัวภาระทางไฟฟ้าต่ออยู่

ดังนั้นถ้ากำหนดให้ $R_L = R_{TH}$ และนำหลักการของการแบ่งแรงดันทางไฟฟ้า มาพิจารณา จะได้ $V_L = E_{TH} / 2$ จะได้สมการสำหรับหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดดังนี้

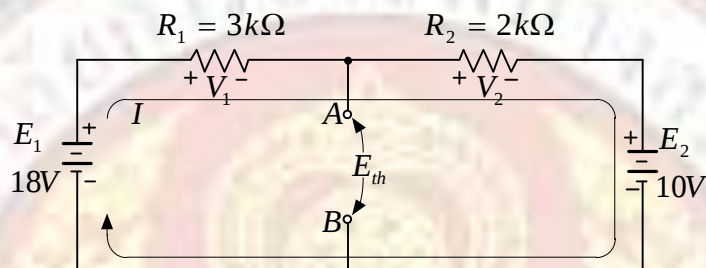
$$P_{L(max)} = \frac{V_L^2}{R_L} = \frac{(E_{TH} / 2)^2}{R_{TH}} = \frac{E_{TH}^2}{4R_{TH}}$$

๓.๑ ตัวอย่างการคำนวณ

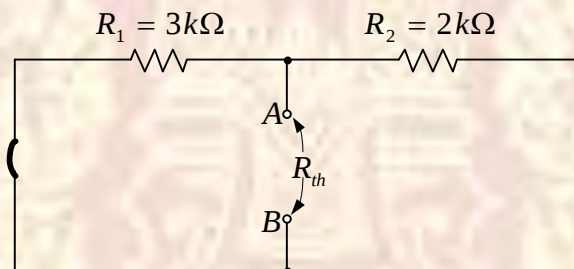
ตัวอย่างที่ ๗ จากวงจรดังรูป (ก) จงใช้ทฤษฎีเทวินินหาค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้าที่ส่งผ่านมายังตัวต้านทาน R_L ที่ปรับค่าได้และเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้ากับความต้านทาน R_L



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th})



(ค) การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th})

วิธีทำ จากวงจรรูป (ก) ปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A กับ B หาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th}) ที่จุด A กับจุด B แสดงดังรูป(ข) ดังนี้

$$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2} = \frac{18V - 10V}{3,000\Omega + 2,000\Omega} = 0.0016 A$$

$$V_1 = I.R_1 = 0.0016 A \times 3,000\Omega = 4.8V$$

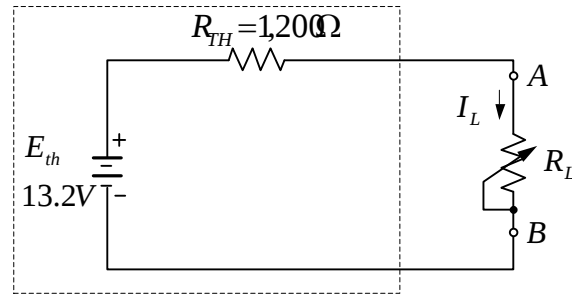
ดังนั้น

$$E_{TH} = E_1 - V_1 = 18V - 4.8V = 13.2V$$

หาค่าความต้านทาน R_{TH} จากรูป (ค) มองจากจุด A ไปจุด B จะได้

$$R_{TH} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3,000\Omega \times 2,000\Omega}{3,000\Omega + 2,000\Omega} = 1,200\Omega$$

เขียนวงจรสมมูลเทวินิน

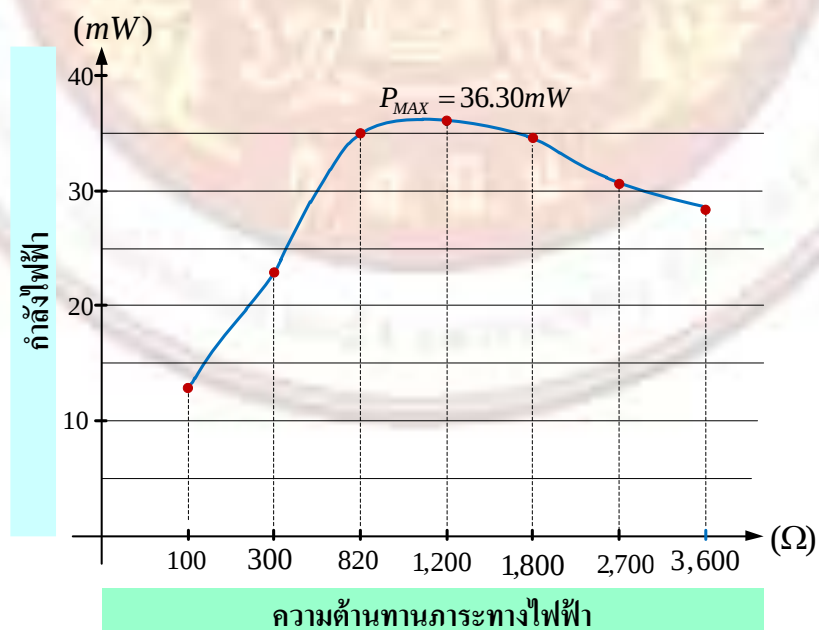


รูป แสดงวงจรสมมูลของเทวินินของตัวอย่างที่ ๒

จากรูป เมื่อ $R_{TH} = 1,200\Omega$ เลือกค่าความต้านทาน R_L ดังตาราง สามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

ตารางแสดงค่าปริมาณทางไฟฟ้า

$R_L (\Omega)$	$I_L (mA)$	$V_L (V)$	$P_L (mW)$
๑๐๐	๑๐.๑๕๔	๑.๐๑๕	๑๐.๓๑
๓๐๐	๘.๘๐๐	๒.๖๔๐	๒๓.๒๓
๘๒๐	๖.๕๓๕	๕.๓๕๘	๓๕.๐๒
๑๒๐๐	๕.๕๐๐	๖.๖๐๐	๓๖.๓๐
๑๘๐๐	๔.๔๐๐	๗.๙๒๐	๓๔.๘๕
๒๗๐๐	๓.๓๘๕	๙.๑๓๘	๓๐.๙๓
๓๖๐๐	๒.๗๕๐	๙.๙๐๐	๒๗.๒๓

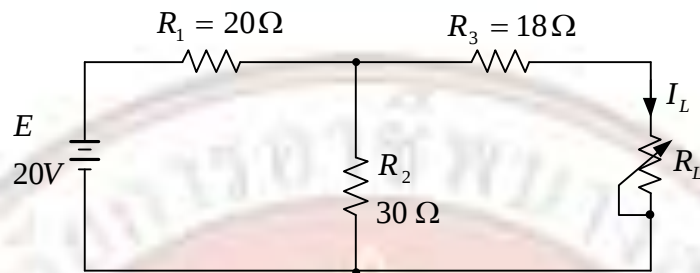


กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังไฟฟ้าและความต้านทานที่ปรับค่าได้

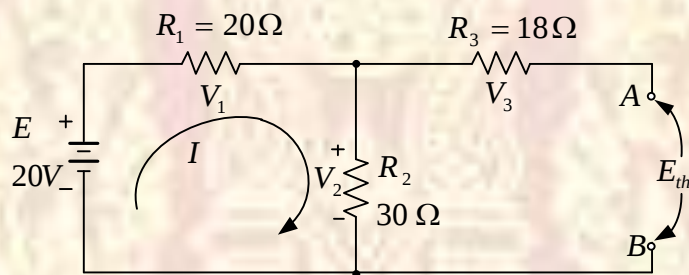
จากกราฟกำลังไฟฟ้าจะเกิดขึ้นสูงสุดที่ $R_L = R_{TH} = 1,200\Omega$ ซึ่งสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นได้ดังนี้

$$P_{L(max)} = \frac{E_{TH}^2}{4R_{TH}} = \frac{13.2^2}{4 \times 1,200} = 36.30mW$$

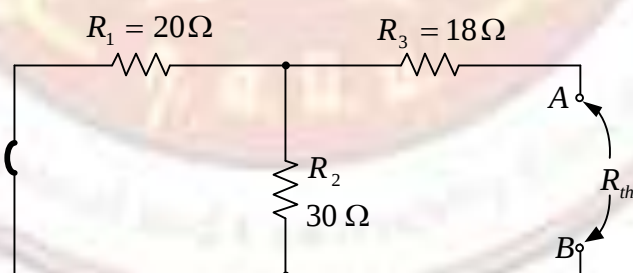
ตัวอย่างที่ ๘ จากวงจรดังรูป(ก) จงหาความต้านทาน R_L ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุด กระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งผ่านไปยัง R_L



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th})



(ค) การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th})

รูปแสดงวงจรไฟฟ้าของตัวอย่างที่ ๒

วิธีทำ ๑. จากวงจรรูป(ก) ปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A กับ B แสดงดังรูป (ข) หาค่าแรงดัน E_{th} โดยใช้กฎของโอห์มดังนี้

$$I = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{20V}{20\Omega + 30\Omega} = 0.40A$$

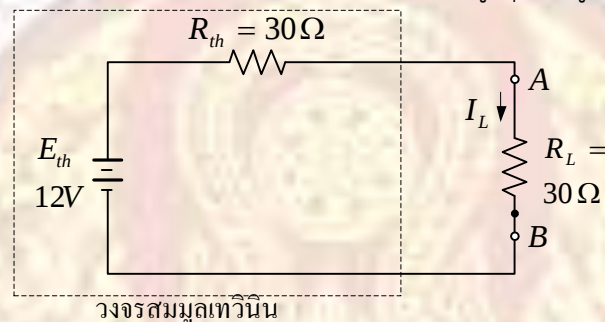
$$V_2 = IR_2 = 0.4A \times 30\Omega = 12V$$

ดังนั้น $E_{th} = V_2 = 12V$

๒. หาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th}) จากวงจรรูป(ค) ดังนี้

$$R_{th} = R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = 18\Omega + \frac{20\Omega \times 30\Omega}{20\Omega + 30\Omega} = 30\Omega$$

๓. เขียนวงจรสมมูลเทวินิน แสดงสถานะการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด ดังรูปต่อไปนี้



รูปแสดงวงจรสมมูลของเทวินินของตัวอย่างที่ ๒

หาค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งไปยังตัวต้านทานที่เป็นภาระทางไฟฟ้าได้ดังนี้

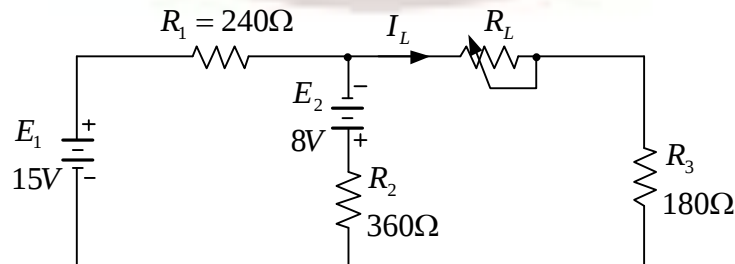
เมื่อ $R_L = R_{TH} = 30\Omega$ กระแสไฟฟ้า I_L หาได้จาก

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L} = \frac{12V}{30\Omega + 30\Omega} = 0.2A = 200mA$$

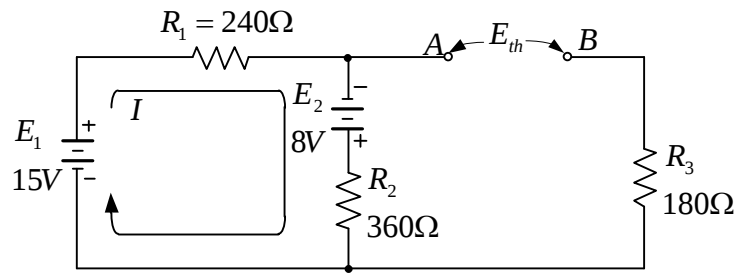
กำลังไฟฟ้าสูงสุด หาได้ดังนี้

$$P_L = I_L^2 R_L = (0.2A)^2 \times 30\Omega = 1.2W$$

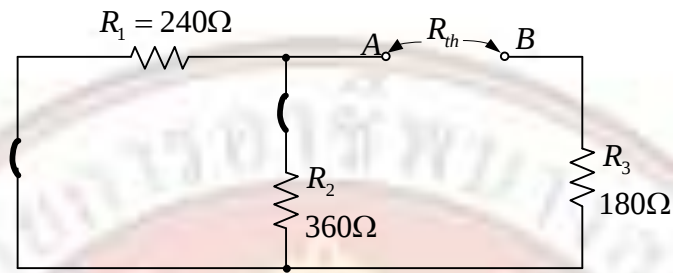
ตัวอย่างที่ ๓ จากรูป (ก) จงใช้ทฤษฎีเทวินินหาค่าความต้านทาน R_L ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าสูงสุดและกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ส่งผ่านไปยังตัวต้านทาน R_L



(ก) วงจรไฟฟ้ากระแสตรง



(ข) การหาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th})



(ค) การหาค่าความต้านทานเทวินิน (R_{th})

รูปแสดงวงจรไฟฟ้าของตัวอย่างที่ ๓

วิธีทำ หาค่าแรงดันไฟฟ้าเทวินิน (E_{th}) โดยปลดค่าความต้านทานโหลด (R_L) ออกจากวงจร พร้อมทั้งกำหนดจุด A กับ B แสดงดังรูป(ข) ดังนี้

$$I = \frac{E_1 + E_2}{R_1 + R_2} = \frac{15V + 8V}{240\Omega + 360\Omega} = 0.038333 A$$

$$V_1 = I \cdot R_1 = 0.034848 A \times 240\Omega = 9.2V$$

$$V_2 = I \cdot R_2 = 0.034848 A \times 360\Omega = 13.8V$$

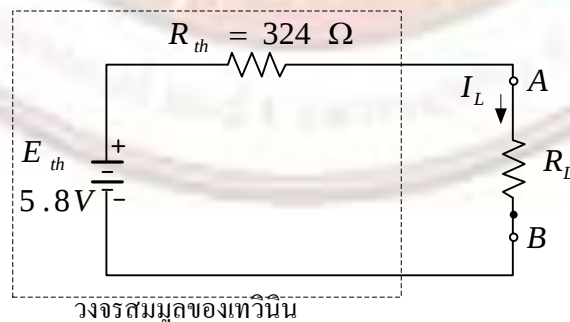
ดังนั้น

$$E_{th} = -E_2 + V_2 = -8V + 13.8V = 5.8V$$

หาค่าความต้านทาน R_{TH} จากรูป (ค) ดังนี้

$$R_{th} = R_3 + \left(\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \right) = 180\Omega + \frac{240\Omega \times 360\Omega}{240\Omega + 360\Omega} = 324\Omega$$

นำค่า E_{TH} และ R_{TH} เขียนเป็นวงจรเทียบเคียงเทวินิน ดังรูปต่อไปนี้



รูปแสดงวงจรสมมูลของเทวินินของตัวอย่างที่ ๓

เมื่อ $R_L = R_{th} = 324\Omega$ กำลังไฟฟ้าสูงสุดหาได้ดังนี้

$$P_{L(\max)} = \frac{E_{TH}^2}{4R_{TH}} = \frac{5.8^2}{4 \times 324} = 0.025957W = 25.957mW$$

๔. กำหนดเกณฑ์การปฏิบัติตามสมรรถนะ

สมรรถนะ	เกณฑ์ปฏิบัติ (performance criteria)
คำนวณหาค่าต่างๆ โดยใช้ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	มีทักษะในการคำนวณหาค่าต่างๆ โดยใช้ทฤษฎีเทวินิน และนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

๕. กิจกรรมการเรียนการสอน

หน่วยการเรียนรู้ที่ ๘ เรื่อง ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดสอนครั้งที่ ๑๕ - ๑๗ / ๑๘

ครั้งที่/ชั่วโมง	กิจกรรมการเรียนการสอน	สื่ออุปกรณ์	ผลงาน/ หลักฐาน	เครื่องมือและ วิธีการวัดผล
๑๕ - ๑๗ (๑๒ ชั่วโมง) ๑. ทฤษฎีเทวินิน ๒. ทฤษฎีนอร์ตัน ๓. การถ่ายโอน กำลังไฟฟ้าสูงสุด	๑. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ๑. ทักทายและตรวจสอบ รายชื่อนักเรียนแลกเปลี่ยน ข้อมูลข่าวสารของวิทยาลัยฯ ๒. ผู้สอนร่วมมือกับนักเรียน ยกตัวอย่างการงานทฤษฎีเทวินิน ๒. ขั้นให้ความรู้ ๑. ครูอธิบายในเรื่องทฤษฎีเทวินิน ๒. ครูอธิบายในเรื่องทฤษฎีนอร์ตัน ๓. การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ๔. มอบหมายการปฏิบัติใบงานที่ ๑๑-๑๒ ๕. นักเรียนฟังครูอธิบายตัวอย่างพร้อมกับจดบันทึกและค้นคว้าหาความรู้เพิ่มเติมในเว็บไซด์ http://krudirek.bspc.ac.th/	๑. เอกสารประกอบ วิชาวงจรไฟฟ้า กระแสดตรง ๒. ระบบ GOOGLE CLASSROOM ๓. เครื่องรับ โทรทัศน์ ๔. เครื่อง คอมพิวเตอร์พกพา หรือแท็บเล็ต หรือ สมาร์ทโฟน	- แบบประเมิน พฤติกรรมการ เรียนรู้ - แบบฝึกหัด - แบบทดสอบ หลังเรียน - ใบงานการ ทดลองที่ ๑๑ - ๑๒	- นักเรียนทดสอบ แบบทดสอบหลัง เรียน - สังเกตพฤติกรรม ผู้เรียนและ ประเมินลงแบบ ประเมินด้าน คุณธรรม จริยธรรมและ คุณลักษณะที่พึง ประสงค์ - สรุปผลการ เรียนรู้ของ นักเรียน

	๓. <u>ขั้นประยุกต์ใช้</u> ๑. ทำการมอบหมายงานให้นักเรียนรายบุคคล ตามหัวข้อเรื่องวงจรอนุกรม ๒. ให้นักเรียนค้นคว้าเพิ่มเติมในหน่วยที่ ๘ สืบค้นด้วยระบบ Internet ครูคอยดูแล และแนะนำอย่างใกล้ชิด ๓. มอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดหน่วยที่ ๘ และส่งงานใน Google Classroom ๔. เฉลย แบบฝึกหัด ๔. <u>ขั้นสรุปและประเมินผล</u> ๑. นักเรียนฟังครูสรุปความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า ๒. ให้ทำแบบทดสอบหลังเรียน หน่วยที่ ๘ ในระบบ Google Classroom ๓. มอบหมายให้ไปศึกษาเนื้อหาในเรื่องถัดไป ก่อนเรียนในครั้งต่อไป ๔. มอบหมายให้นักเรียน ทำความสะอาด ห้องเรียน ครูดูแลการทำความสะอาดห้องเรียน ๕. ครูบันทึกหลังการสอน เพื่อนำปัญหาที่เกิดขึ้นไปแก้ไขในกลุ่มอื่นๆ หรือเป็นข้อมูลในการแก้ปัญหาในการสอนครั้งต่อไป			
--	---	--	--	--

๖. เกณฑ์การตัดสินผลการเรียนรู้

๖.๑ การแบ่งคะแนน

ความรู้	๔	คะแนน
ทักษะ	๓	คะแนน
จิตพิสัย	๕	คะแนน
รวม	๑๒	คะแนน

๖.๒ ผลการประเมินการเรียนรู้

การวัดผลประเมินผลของหน่วยการเรียนรู้ต้องผ่านมากกว่าร้อยละ ๕๐ ของคะแนนประจำหน่วยการเรียนรู้ แล้วนำคะแนนประเมินผลในหน่วยการเรียนรู้ดังนี้

คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๘๐ ขึ้นไป	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๕-๗๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๗๐-๗๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๕-๖๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ค่อนข้างดี
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๖๐-๖๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๕-๕๙	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
คะแนนผลการประเมินร้อยละ ๕๐-๕๔	ระดับผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
คะแนนผลการประเมินต่ำกว่าร้อยละ ๕๐	ระดับผลการเรียนอยู่ในไม่ผ่านเกณฑ์

๗. เครื่องมือวัดประเมินผล

๗.๑ แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

๗.๒ แบบประเมินพฤติกรรมการเรียนรู้

๘. บันทึกหลังการสอน

ผลการใช้แผนการสอน.

.....

.....

.....

ผลการเรียนของนักเรียน

.....

.....

.....

ผลการสอนของครู

.....

.....

.....

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

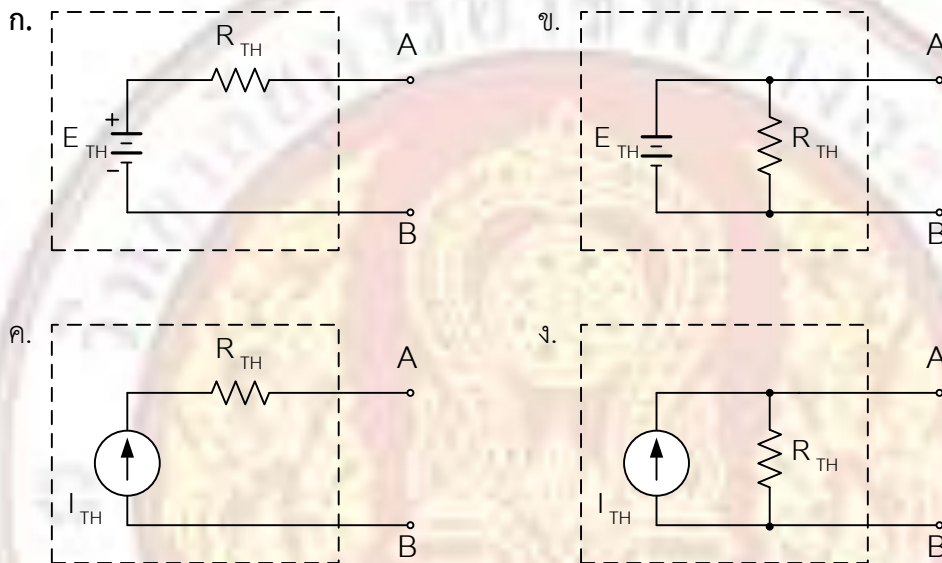
หน่วยที่ ๘ ทฤษฎีเทวินินและนอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

คำชี้แจง เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

๑. วงจรสมมูลของเทวินินประกอบด้วยอะไรบ้าง

- ก. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและโหลดต่อขนาน
- ข. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและโหลดต่ออนุกรม
- ค. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานต่ออนุกรมกัน
- ง. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานต่อขนานกัน

๒. ข้อใดคือวงจรสมมูลของเทวินิน



๓. ข้อใดคือค่าแรงดันไฟฟ้าของเทวินิน (E_{th})

- ก. แรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า
- ข. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมโหลดของวงจร
- ค. แรงดันไฟฟ้าระหว่างจุดที่ปลดโหลดออก
- ง. แรงดันไฟฟ้าระหว่างจุดขณะลัดวงจรโหลด

๔. หลักการของเทวินินเหมาะสำหรับการหาปริมาณทางไฟฟ้าข้อใด

- ก. ค่าความต้านทานโหลดที่ค่าแปรเปลี่ยน
- ข. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่มีค่าคงที่
- ค. กระแสไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดหลายชุด
- ง. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ค่าแปรเปลี่ยน

๕. หลักการของนอร์ตันเหมาะสำหรับการหาปริมาณทางไฟฟ้าข้อใด

- ก. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน
- ข. ค่าความต้านทานโหลดที่ค่าแปรเปลี่ยน
- ค. กระแสไฟฟ้าอันเนื่องมาจากแหล่งกำเนิดหลายชุด
- ง. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่ค่าแปรเปลี่ยน

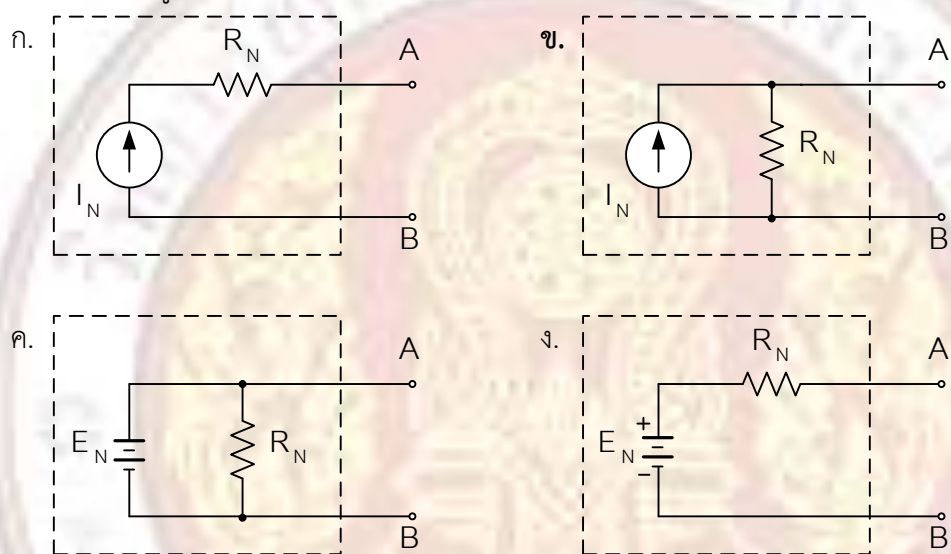
๖. ข้อใดคือค่ากระแสไฟฟ้าของนอร์ตัน (I_N)

- ก. กระแสไฟฟ้าที่ไหลระหว่างจุดขณะลัดวงจรโหลด
- ข. กระแสไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้า
- ค. กระแสไฟฟ้าระหว่างจุดที่ปลดโหลดออก
- ง. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดของวงจร

๗. วงจรสมมูลของนอร์ตันประกอบด้วยอะไรบ้าง

- ก. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและโหลดต่อขนาน
- ข. แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าและโหลดต่ออนุกรม
- ค. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและความต้านทานต่อขนานกัน
- ง. แหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าและความต้านทานต่ออนุกรมกัน

๘. ข้อใดคือวงจรสมมูลของนอร์ตัน



๙. การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะเกิดขึ้นเมื่อใด

- ก. แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายเท่ากับกระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด
- ข. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานโหลดเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายไฟฟ้า
- ค. ความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับโหลดมีค่าเท่ากัน
- ง. ความต้านทานภายในของแหล่งจ่ายเท่ากับความต้านทานโหลด

๑๐. การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าทำให้ทราบถึงอะไร

- ก. ความสัมพันธ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับภาระทางไฟฟ้า
- ข. ความสัมพันธ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับความต้านทาน
- ค. ความสัมพันธ์ของภาระทางไฟฟ้ากับความต้านทาน
- ง. ความสัมพันธ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

สัปดาห์ที่.....

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
แบบประเมินด้านคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์

สาขาวิชา.....สาขางาน.....ระดับชั้น.....กลุ่ม.....

ลำดับ ที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน										คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย
		ยึดมั่นในสถาบันฯ	ละเว้นอบายมุข	ความมีวินัย	ความสามัคคี	จิตอาสา	ซื่อสัตย์สุจริต	ประหยัด	ซื่อสัตย์	สุขภาพ	ตรงต่อเวลา		
๑													
๒													
๓													
๔													
๕													
๖													
๗													
๘													
๙													
๑๐													
๑๑													
๑๒													
๑๓													
๑๔													
๑๕													
๑๖													
๑๗													
๑๘													
๑๙													
๒๐													

หมายเหตุ

- เกณฑ์การประเมินคุณธรรม จริยธรรมและคุณลักษณะที่พึงประสงค์
 - ๓ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนแสดงประพฤติดีปฏิบัติสม่ำเสมอและเป็นผู้ทำได้
 - ๒ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติสม่ำเสมอ
 - ๑ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนประพฤติปฏิบัติไม่สม่ำเสมอ
 - ๐ คะแนน หมายถึง ผู้เรียนไม่ประพฤติปฏิบัติ
- คะแนนเฉลี่ย = คะแนนรวมนักเรียนรายบุคคล / ๑๐