แผนการจัดการเรียนรู้

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2567

สาขาวิชาช่างไฟฟ้า

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

รหัสวิชา 20104-2002 วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

จัดทำโดย

นายธนรักษ์ นิลนะมะ

วิทยาลัยการอาชีพบ้านผือ

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

แผนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 20104-2002 นี้เป็นส่วนหนึ่งของการค้นคว้าเพื่อพัฒนารูปแบบการสอนวิชาวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยผู้เขียนได้นำความรู้จากการประชุมเชิงปฏิบัติการการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยมและคุณลักษณะอันพึงประสงค์มาประสมประสานกับประสบการณ์การสอนวิชาทางด้านไฟฟ้าเป็นเวลามาหลายปี โดยจัดทำตั้งแต่การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง รายละเอียดหัวข้อเรื่อง รายการวิเคราะห์เนื้อหาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา วิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้และสมรรถนะ ตารางวิเคราะห์ระดับพุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย กำหนดการเรียนรู้ สาระสำคัญ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนการสอน สื่อการเรียนการสอน การวัดผล/ประเมินผล ใบความรู้ ใบงาน ใบปฏิบัติงาน ใบมอบหมายงาน แบบฝึกหัด ใบเฉลยแบบทดสอบ ใบเฉลยแบบฝึกหัด แบบบันทึกสังเกตพฤติกรรม แบบวัดผลการปฏิบัติงาน แบบประเมินผลการเรียน บันทึกหลังการสอน เพื่อนำผลไปพัฒนาหรือปรับปรุงการสอนต่อไป

ธนรักษ์ นิลนะมะ
ผู้จัดทำ

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
ลักษณะรายวิชา	ค
การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง หัวข้อหลัก(Main Element)/หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	ง
การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง หัวข้อหลัก(Main Element)/หัวข้อย่อย (Element)	จ
รายการวิเคราะห์ เนื้อหาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา	ซ
ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย	ญ
กำหนดการเรียนรู้	ฑ
ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนนและเกณฑ์ผ่าน	ฏ
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า	1
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน	14
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง วงจรอนุกรม	26
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง วงจรขนาน	41
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง วงจรผสม	51
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	64
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง การแปลงการต่อตัวต้านทานแบบวาย-เดลตา	73
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8 เรื่อง วงจรบริดจ์	87
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9 เรื่อง วิธีกระแสเมช	98
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10 เรื่อง วิธีแรงดันโหนด	107
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11 เรื่อง ทฤษฎีการทับซ้อน	117
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12 เรื่อง ทฤษฎีเทเวนิน	127
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13 เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน	138
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14 เรื่อง ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	148

	ลักษณะรายวิชา	
	รหัสวิชา 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)	สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

อ้างอิงมาตรฐาน

-

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ต่อวงจร วัดค่าทางไฟฟ้า ทดลอง และคำนวณหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง โดยใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบจุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. รู้และเข้าใจเกี่ยวกับกฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรงพื้นฐาน
2. มีทักษะเกี่ยวกับการต่อ การวัด ทดลอง และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
3. มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการค้นคว้าเพิ่มเติม ทำงานด้วยความรอบคอบ ปลอดภัยและรับผิดชอบ
4. มีความสามารถในการประยุกต์ใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการหาค่าทางไฟฟ้าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
2. ปฏิบัติการต่อวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
3. วัดและทดสอบค่าทางไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้ากระแสตรง วิจารณ์และสรุปรายงานผลการทดลอง
4. ประยุกต์ใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับตัวแปรและนิยามในวงจรไฟฟ้า กฎของโอห์ม กฎของเคอร์ชอฟฟ์องค์ประกอบพื้นฐานวงจรไฟฟ้า ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ แหล่งจ่ายไฟ การต่อเซลล์ไฟฟ้า การต่อวงจรอนุกรม ขนาน ผสม ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ การแปลงวงจรสตาร์-วาย วงจรแบ่งแรงดัน วงจรแบ่งกระแส วงจรบริดจ์ การคำนวณกระแสเมช แรงดันโนด ทฤษฎีบทการซ้อนทับ เทวินิน นอร์ตัน การถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

	การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง				
	รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต				
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง				

หัวข้อหลัก(Main Element)/หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	แหล่งข้อมูล				
	A	B	C	D	E
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	✓			✓	✓
2. ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	✓			✓	✓
3. กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	✓			✓	✓
4. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	✓			✓	✓
5. การแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา	✓			✓	✓
6. วงจรบริดจ์	✓			✓	✓
7. ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	✓			✓	✓
8. กฎของเคอร์ชอฟฟ์	✓			✓	✓
9. วิธีกระแสเมชและกระแสลูป	✓			✓	✓
10. วิธีแรงดันโนด	✓			✓	✓
11. ทฤษฎีเธวินิน	✓			✓	✓
12. ทฤษฎีนอร์ตัน	✓			✓	✓
13. ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	✓			✓	✓
14. ทฤษฎีการวางซ้อน	✓			✓	✓

A = คำอธิบายรายวิชา

B = ผู้เชี่ยวชาญ

C = ผู้ชำนาญการ

D = ประสบการณ์ของครูผู้สอน

E = เอกสาร/ตำรา/คู่มือ/ IT

	การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
	รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หัวข้อหลัก(Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)
1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	1.1 โครงสร้างอะตอม 1.2 ประจุไฟฟ้า 1.3 กระแสไฟฟ้า 1.4 แรงดันไฟฟ้า 1.5 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า 1.6 ความต้านทาน 1.7 เซลล์ไฟฟ้า 1.8 แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 1.9 พื้นฐานของวงจรไฟฟ้า
2. ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	2.1 ชนิดของตัวต้านทาน 2.2 การอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทาน 2.3 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม 2.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานอนุกรม 2.5 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน 2.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานขนาน 2.7 การต่อตัวต้านทานแบบผสม
3. กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	3.1 กฎของโอห์ม 3.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของโอห์ม 3.3 กำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์ม 3.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 3.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม 3.6 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน 3.7 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน
4. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	4.1 ความหมายวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า 4.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ 4.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ 4.4 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ 4.5 การคำนวณหาค่าต่างๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

	การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
	รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หัวข้อหลัก(Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)
5. การแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา	5.1 วงจรการต่อแบบวายและแบบเดลตา 5.2 การแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย 5.3 การแปลงวงจรจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตา 5.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยแปลงวงจรวาย–เดลตาและเดลตา–วาย
6. วงจรบริดจ์	6.1 ลักษณะวงจรบริดจ์ 6.2 การทำงานของวงจรวีตสโตนบริดจ์ 6.3 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล 6.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล 6.5 วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล 6.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล
7. ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	7.1 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ การประจุและค่าความจุไฟฟ้า 7.2 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุ 7.3 การต่อตัวเก็บประจุ 7.4 โครงสร้างของตัวเหนี่ยวนำและค่าความเหนี่ยวนำ 7.5 ความซาบซึมได้ของตัวเหนี่ยวนำ 7.6 การต่อตัวเหนี่ยวนำ
8. กฎของเคอร์ชอฟฟ์	8.1 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 8.2 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ 8.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ 8.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์
9. วิธีกระแสเมชและกระแสลูป	9.1 ความหมายของเมชและลูป 9.2 วิธีการเลือกสมมติกระแสเมชและกระแสลูป 9.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีกระแสเมชและกระแสลูป 9.4การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีกระแสเมชและกระแสลูป
10. วิธีแรงดันโนด	10.1 ความหมายของโนดและแรงดันโนด 10.2 วิธีการของแรงดันโนด 10.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีแรงดันโนด 10.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีแรงดันโนด

	การวิเคราะห์หัวข้อเรื่อง
	รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หัวข้อหลัก(Main Element)/ หน่วยการเรียนรู้(Learning Unit)	หัวข้อย่อย (Element)
11. ทฤษฎีเธวินิน	11.1 ทฤษฎีเธวินินและวงจรเทียบเท่า 11.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีเธวินิน 11.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีเธวินิน
12. ทฤษฎีนอร์ตัน	12.1 ทฤษฎีนอร์ตันและวงจรเทียบเท่า 12.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน 12.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน
13. ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	13.1 ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด 13.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด 13.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด
14. ทฤษฎีการวางซ้อน	14.1 ทฤษฎีการวางซ้อน 14.2 วิธีการของทฤษฎีการวางซ้อน 14.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการวางซ้อน

รายการวิเคราะห์ เนื้อหาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา

รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หน่วยที่	เนื้อหาวิชา	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะรายวิชา			
		1	2	3	4	1	2	3	4
1	โครงสร้างอะตอม	✓	✓	✓		✓	✓		
	ประจุไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน	✓	✓	✓		✓	✓		
	กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า	✓	✓	✓		✓	✓		
	เซลล์ไฟฟ้า	✓	✓	✓		✓	✓		
	แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง	✓	✓	✓		✓	✓		
2	ชนิดของตัวต้านทาน	✓	✓	✓		✓	✓		
	การอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทาน	✓	✓	✓		✓	✓		
	การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน แบบผสม	✓	✓	✓		✓	✓		
3	กฎของโอห์ม	✓	✓	✓		✓	✓		
	กำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์ม	✓	✓	✓		✓	✓		
	วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม	✓	✓	✓		✓	✓		
4	ความหมายวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า	✓	✓	✓		✓	✓		
	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ	✓	✓	✓		✓	✓		
	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ								
	วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	✓	✓	✓		✓	✓		
5	เหตุผลของการแปลงวงจร	✓	✓	✓		✓	✓		
	วงจรการต่อแบบวายและแบบเดลตา	✓	✓	✓		✓	✓		
	การแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย	✓	✓	✓		✓	✓		
	การแปลงวงจรจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตา	✓	✓	✓		✓	✓		
6	ลักษณะวงจรบริดจ์	✓	✓	✓		✓	✓		
	การทำงานของวงจรวีตสโตนบริดจ์	✓	✓	✓		✓	✓		
	วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล	✓	✓	✓		✓	✓		
	วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล	✓	✓	✓		✓	✓		

รายการวิเคราะห์ เนื้อหาวิชา จุดประสงค์รายวิชา มาตรฐานรายวิชา

รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หน่วยที่	เนื้อหาวิชา	จุดประสงค์รายวิชา				สมรรถนะรายวิชา			
		1	2	3	4	1	2	3	4
7	โครงสร้างของตัวเก็บประจุการประจุและค่าความจุไฟฟ้า	✓	✓	✓		✓	✓		
	ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓		✓	✓		
	การต่อตัวเก็บประจุ	✓	✓	✓		✓	✓		
	โครงสร้างของตัวเหนี่ยวนำและค่าความเหนี่ยวนำ	✓	✓	✓		✓	✓		
	ความซาบซึมได้ของตัวเหนี่ยวนำ	✓	✓	✓		✓	✓		
	การต่อตัวเหนี่ยวนำ	✓	✓	✓		✓	✓		
8	กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์และการวิเคราะห์	✓	✓	✓		✓	✓		
	กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์และการวิเคราะห์	✓	✓	✓		✓	✓		
9	ความหมายของเมชและลูป	✓	✓	✓		✓	✓		
	วิธีการเลือกสมมติกระแสเมชกระแสลูปและการวิเคราะห์	✓	✓	✓		✓	✓		
10	ความหมายของโนดและแรงดันโนด	✓	✓	✓		✓	✓		
	วิธีการของแรงดันโนดและการวิเคราะห์	✓	✓	✓		✓	✓		
11	ทฤษฎีเธวินินและวงจรเทียบเท่า	✓	✓	✓		✓	✓		
	วิธีการของเธวินินและการวิเคราะห์	✓	✓	✓		✓	✓		
12	ทฤษฎีนอร์ตันและวงจรเทียบเท่า	✓	✓	✓		✓	✓		
	วิธีการของนอร์ตันและการวิเคราะห์	✓	✓	✓		✓	✓		
13	ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	✓	✓	✓		✓	✓		
	วิธีการและการวิเคราะห์การส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	✓	✓	✓		✓	✓		
14	ทฤษฎีการวางซ้อน	✓	✓	✓		✓	✓		
	วิธีการและการวิเคราะห์ทฤษฎีการวางซ้อน	✓	✓	✓		✓	✓		

ตารางวิเคราะห์ระดับ พุทธิพิสัย ทักษะพิสัย จิตพิสัย

รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง เวลา 72 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

หน่วยที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	ระดับพฤติกรรมที่พึงประสงค์																เวลา (ชม.)
		พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย					จิตพิสัย					
		1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			8
2	ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
3	กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	✓	✓	✓				✓	✓	✓			✓	✓	✓			8
4	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			8
5	การแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
6	วงจรบริดจ์	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
7	ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			8
8	กฎของเคอร์ชอฟฟ์	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
9	วิธีกระแสเมชและกระแสลูป	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
10.	วิธีแรงดันโนด	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
11.	ทฤษฎีเธวินิน	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
12.	ทฤษฎีนอร์ตัน	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
13.	ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
14.	ทฤษฎีการวางซ้อน	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			4
		1 = ความรู้ 2 = ความเข้าใจ 3 = การนำไปใช้ 4 = การวิเคราะห์ 5 = การสังเคราะห์ 6 = การประมาณค่า						1 = เลียนแบบ 2 = ทำได้ตามแบบ 3 = ทำได้ถูกต้องแม่นยำ 4 = ทำได้ต่อเนื่องประสานกัน 5 = ทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ					1= รับรู้ 2 = ตอบสนอง 3 = เห็นคุณค่า 4 = จัดระบบคุณค่า 5 = พัฒนาเป็นลักษณะนิสัย					
น้อมนำหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงมาปฏิบัติ																		

	กำหนดการเรียนรู้		
	รหัสวิชา 20104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		เวลา 90 ชั่วโมง 3 หน่วยกิต
	หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)		สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง
หน่วยที่	ชื่อหน่วย	สัปดาห์ที่	จำนวนชั่วโมง
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	1-2	8
2	ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	3	4
3	กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	4-5	8
4	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	6-7	8
5	การแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา	8	4
6	วงจรบริดจ์	9	4
7	ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	10-11	8
8	กฎของเคอร์ชอฟฟ์	12	4
9	วิธีกระแสเมชและกระแสลูป	13	4
10.	วิธีแรงดันโนด	14	4
11.	ทฤษฎีเธวินิน	15	4
12.	ทฤษฎีนอร์ตัน	16	4
13.	ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	17	4
14.	ทฤษฎีการวางซ้อน	18	4
	วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน	19	4

หมายเหตุ เวลาอาจเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม

ตารางกำหนดน้ำหนักคะแนนและเกณฑ์ผ่าน

หน่วยที่	คะแนนรายหน่วย เกณฑ์ผ่าน และน้ำหนัก / พฤติกรรม / ชื่อหน่วย	คะแนนรายหน่วย (%)	เกณฑ์ผ่านรายหน่วย (%)	น้ำหนักคะแนน							
				ความรู้ความเข้าใจ (%)	ความเข้าใจ (%)	การนำไปใช้ (%)	การวิเคราะห์ (%)	การประเมินค่า (%)	ทักษะ (%)	จิตพิสัย (%)	ลำดับความสำคัญ
1	ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	9	60	2	1	1			3	1	2
2	ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	8	50	1	3	2			3	1	3
3	กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	9	60	1	2	3			3	1	1
4	วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	7	50	1	3	2			3	1	4
5	การแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา	6	50	1	2	3			3	1	7
6	วงจรบริดจ์	6	40	1	2	3			3	1	1
7	ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	7	50	1	2	2			3	1	5
8	กฎของเคอร์ชอฟฟ์	8	60	1	2	1			3	1	10
9	วิธีกระแสเมชและกระแสลูป	8	50	1	1	2			3	1	8
10.	วิธีแรงดันโนด	8	50	1	2	2			3	1	9
11.	ทฤษฎีเธวินิน	7	50	1	2	2			3	1	11
12.	ทฤษฎีนอร์ตัน	6	50	1	2	2			3	1	12
13.	ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	6	50	2	2	2			3	1	13
14.	ทฤษฎีการวางซ้อน	5	60	1	2	2			3	1	14
รวมทั้งสิ้น		100	53.3	15	28	29			42	14	
ลำดับความสำคัญ				4	3	2			1	5	

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	บทเรียนที่ **1**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **1-2**
	ชื่อบทเรียน **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า**	ชั่วโมงรวม **8** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

1.1 โครงสร้างอะตอม
1.2 ประจุไฟฟ้า
1.3 กระแสไฟฟ้า
1.4 แรงดันไฟฟ้า
1.5 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า
1.6 ความต้านทาน
1.7 เซลล์ไฟฟ้า
1.8 แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
1.9 พื้นฐานของวงจรไฟฟ้า
1.10 อุปกรณ์วงจร
1.11 นิยาม กิ่ง โนด และลูป

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า
2. วัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าและการต่อเซลล์ไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสได้
2. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ และค่าต่าง ๆ ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับได้
3. มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. ประยุกต์ใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายโครงสร้างอะตอมได้ 2. อธิบายประจุไฟฟ้าได้ 3. อธิบายกระแสไฟฟ้าได้ 4. อธิบายแรงดันไฟฟ้าได้ 5. อธิบายกำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้าได้ 6. อธิบายความต้านทานได้ 7. อธิบายเซลล์ไฟฟ้าได้ 8. อธิบายแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงได้ 9. อธิบายพื้นฐานของวงจรไฟฟ้าได้ 10. อธิบายอุปกรณ์วงจรได้ 11. อธิบายนิยาม กิ่ง โนด และลูปได้	1. ต่อวงจรและวัดค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าได้ถูกต้อง 2. ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและ สังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

1.1 โครงสร้างอะตอม

1.1.1 อะตอม (Atom) คือ อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุที่สามารถแตกออกมาได้โดยยังรักษาคุณสมบัติของธาตุนั้น ๆ ไว้ โครงสร้างของอะตอมนั้นประกอบด้วย โปรตอน (Proton) นิวตรอน (Neutron) และอิเล็กตรอน (Electron) โดยส่วนตรงกลางของอะตอมเรียกว่านิวเคลียส (Nucleus) ซึ่งภายในนิวเคลียสประกอบไปด้วยโปรตอนกับนิวตรอน โดยมีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่รอบ ๆ นิวเคลียส โดยโปรตอนจะมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก นิวตรอนจะแสดงประจุไฟฟ้าเป็นกลางส่วนอิเล็กตรอนจะมีประจุไฟฟ้าเป็นลบ

1.1.2 ชั้นอิเล็กตรอนและวาเลนซ์อิเล็กตรอน การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียสเป็นลักษณะวงโคจร โดยมีระยะห่างเป็นชั้น ๆ จากนิวเคลียสและมีจำนวนอิเล็กตรอนบรรจุในแต่ละชั้น ซึ่งหาได้จากสูตร $2N^2$ เมื่อ N คือจำนวนชั้นของวงโคจร ดังนั้นจำนวนอิเล็กตรอนในแต่ละชั้นหาได้ดังนี้

ชั้นที่ 1 (N = 1) จำนวนอิเล็กตรอน = $2N^2 = 2(1)^2 =$ 2 ตัว

ชั้นที่ 2 (N = 2) จำนวนอิเล็กตรอน = $2N^2 = 2(2)^2 =$ 8 ตัว

ชั้นที่ 3 (N = 3) จำนวนอิเล็กตรอน = $2N^2 = 2(3)^2 =$ 18 ตัว

จากชั้นที่ 1 ถึงชั้นที่ 3 บรรจุอิเล็กตรอนไปแล้ว 28 ตัว จึงเหลืออิเล็กตรอน 1 ตัวที่อยู่ในชั้นที่ 4 ซึ่งอยู่วงนอกสุดเรียกว่า **ชั้นวาเลนซ์** และอิเล็กตรอนที่อยู่ในชั้นวาเลนซ์เรียกว่า **วาเลนซ์อิเล็กตรอน** โดยอิเล็กตรอนในชั้นวาเลนซ์นี้จะมีความสำคัญมาก โดยจำนวนโปรตอนและจำนวนอิเล็กตรอนมีจำนวนเท่าใดนั้นต้องไปศึกษาเพิ่มเติมจากตารางธาตุของธาตุนั้น ๆ ซึ่งจะบอกตัวเลขอะตอม (Atomic number)

1.1.3 อิเล็กตรอนอิสระ อะตอมเมื่อได้รับพลังงานหรือแรงที่มากระทำแล้วทำให้อิเล็กตรอนอิสระวงนอกสุดหลุดออกจากวงโคจร เรียกว่าอิเล็กตรอนนี้ว่า **อิเล็กตรอนอิสระ** (Free electron) และจะเคลื่อนที่ต่อไปยังอะตอมที่อยู่ข้างเคียงไปเรื่อย ๆ

1.2 ประจุไฟฟ้า

ประจุไฟฟ้า (Electric charge) คือ อนุภาคเล็ก ๆ ทางไฟฟ้าซึ่งประกอบด้วยโปรตอนกับอิเล็กตรอน โดยโปรตอนจะแสดงประจุไฟฟ้าบวก และอิเล็กตรอนจะแสดงประจุไฟฟ้าลบ จากที่กล่าวมาแล้วเมื่อมีพลังงานภายนอกไปกระทำให้อิเล็กตรอนวงนอกหลุดออกจากวงโคจร จะทำให้อิเล็กตรอนกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระซึ่งแสดงประจุไฟฟ้าลบ และอะตอมที่ขาดอิเล็กตรอนก็แสดงประจุไฟฟ้าบวก

ประจุไฟฟ้ามีบทเรียนเป็นคูลอมบ์ (Coulomb) ตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่ ชาร์ล ออกัสติน คูลอมบ์ (Charles Augustin Coulomb) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศสที่ได้ค้นพบแรงระหว่างประจุไฟฟ้า ที่เรียกว่ากฎของ คูลอมบ์ (Coulomb's law) ซึ่งใช้อักษรตัว Q แทนปริมาณประจุไฟฟ้า และอักษรตัว C แทนบทเรียนของประจุไฟฟ้า

นิยาม **"ประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ คือการเปลี่ยนแปลงหรือการประจุ (Charge) ของอิเล็กตรอน 6.25×10^{18} อิเล็กตรอน (e)"** นั่นคือ

$$1\ C = 6.25\times10^{18}\ e$$

หรือ

$$1\ e = \frac{1}{6.25\times10^{18}}$$

$$1\ e = 0.16\times10^{-18}\ C$$

ดังนั้นประจุไฟฟ้า

$$Q = \frac{\text{จำนวนอิเล็กตรอน}}{6.25\times10^{18}}$$

เมื่อ Q = ประจุไฟฟ้า มีบทเรียนเป็น คูลอมบ์ (C)

ตัวอย่าง อิเล็กตรอนจำนวน 50×10^{18} e จงคำนวณหาประจุไฟฟ้า

วิธีทำ

จากสูตรและแทนค่า

$$Q = \frac{\text{จำนวนอิเล็กตรอน}}{6.25\times10^{18}} = \frac{50\times10^{18}}{6.25\times10^{18}}$$

$$Q = 8\ C$$

ประจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 8 C **ตอบ**

1.3 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้า (Current) คือ การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนอิสระไปในทิศทางเดียวกันอย่างต่อเนื่องต่อเวลาหนึ่ง ๆ หรือ กระแสไฟฟ้า คือ อัตราการไหลของประจุไฟฟ้าต่อเวลาหนึ่ง ๆ ถ้าอิเล็กตรอนอิสระเหล่านั้นเคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของวัสดุภายในเวลาที่กำหนดก็ทำให้เกิดการไหลของ **กระแสไฟฟ้า** ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะใช้เป็นกระแสนิยม (Conventional current) คือไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งพลังงานผ่านวัสดุและไปยังขั้วลบของแหล่งพลังงาน หรือมีทิศทางตรงข้ามกับการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอน กระแสไฟฟ้ามีบทเรียนเป็น

แอมแปร์ (Ampere) ตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่ อังเดร เอ็ม. แอมแปร์ (Andre M. Ampere) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวฝรั่งเศส ซึ่งใช้อักษรตัว I แทนปริมาณกระแสไฟฟ้า และอักษรตัว A แทนบทเรียนของกระแสไฟฟ้า

นิยาม **“กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ คือจำนวนประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้นภายในเวลา 1 วินาที** นั่นคือ

$$I = \frac{Q}{t}$$

ตัวอย่าง วัสดุตัวนำมีประจุไฟฟ้า 0.8 C ผ่านจุด ๆ หนึ่งใช้เวลา 2 วินาที จงคำนวณหากระแสไฟฟ้า

วิธีทำ

จาก $I = \frac{Q}{t}$

เมื่อ $Q = 0.8\ C$

$t = 2\ s$

แทนค่า I $= \frac{0.8\ C}{2\ s}$

$I = 0.4\ A$

กระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.4 A **ตอบ**

1.4 แรงดันไฟฟ้า

การที่ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่ได้นั้นต้องมีแรงหรือพลังงานจากภายนอกมากระทำกับประจุไฟฟ้านั้น แรงหรือพลังงานดังกล่าวนี้เรียกว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า (Electromotive force หรือ e.m.f.) ซึ่งนิยมเรียกว่า แรงดันไฟฟ้า (Voltage)

นิยาม **“แรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์ คือ งานจำนวน 1 จูล ที่ทำให้ประจุไฟฟ้าเคลื่อนที่จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งต่อประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์”** นั่นคือ

$$V = \frac{W}{Q}$$

ตัวอย่าง แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า 110 V มีประจุไฟฟ้าจำนวน 5 C จงคำนวณหางานที่ใช้ในการเคลื่อนประจุ

วิธีทำ

จาก $V = \frac{W}{Q}$ ดังนั้น $W = VQ$

เมื่อ $V = 110\ V$

และ $Q = 4\ C$

แทนค่า $W = 110V \times 5C$

$W = 550\ J$

1.5 กำลังไฟฟ้าและพลังงานไฟฟ้า

1.5.1 กำลังไฟฟ้า (Power) คือ อัตราการทำงานต่อหนึ่งบทเรียนเวลา

กำลังไฟฟ้ามีบทเรียนเป็นวัตต์ (Watt) ตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่ เจมส์ วัตต์ (James Watt) ซึ่งเป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ซึ่งใช้อักษรตัว P แทนปริมาณกำลังไฟฟ้า และอักษรตัว W แทนบทเรียนของกำลังไฟฟ้า

นิยาม "**กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ คือ การทำงานที่ได้งานจำนวน 1 จูล ต่อเวลา 1 วินาที**" นั่นคือ

$$P = \frac{W}{t}$$

1.5.2 พลังงานไฟฟ้า (Energy) หรืองานทางไฟฟ้า คือ อัตราของกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นกับบทเรียนเวลาที่ใช้ไป นั่นคือ

$$W = Pt$$

บทเรียนของพลังงานไฟฟ้ามีบทเรียนเป็น วัตต์ • วินาที (W • s) หรือ จูล พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริงก็คือการคิดค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าตามบ้านเรือนของการไฟฟ้า ซึ่งกำหนดกำลังไฟฟ้าเท่ากับ 1,000 W หรือ 1 kW ใช้ไปจำนวน 1 ชั่วโมง (h) ดังนั้นบทเรียนพลังงานไฟฟ้า kW • h จึงนิยมใช้ในปัจจุบันและกำหนดให้ 1 kW • h มีค่า 1 บทเรียน

$$\begin{aligned} 1\text{หน่วย} &= Pt \\ &= 1\text{kW} \times 1\text{h} \\ &= 1\text{kW} \bullet \text{h} \end{aligned}$$

หรือ

$$\begin{aligned} 1\text{หน่วย} &= Pt \\ &= 1{,}000\text{W} \times 3{,}600\text{s} \\ &= 3{,}600{,}000\,\text{W} \bullet \text{s} \end{aligned}$$

ตัวอย่าง จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจรทำให้เกิดงาน 750 J ต่อเวลา 6 วินาที จงคำนวณหากำลังไฟฟ้า

วิธีทำ

จาก $P = \frac{W}{t}$

เมื่อ $W = 750\ \text{J}$

$t = 6\ \text{s}$

แทนค่า $P = \frac{750\ \text{J}}{6\ \text{s}}$

$P = 125\ \text{W}$

กำลังไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 125 W **ตอบ**

1.6 ความต้านทาน

1.6.1 ความต้านทาน (Resistance) คือ ความสามารถของสารในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า

ความต้านทานมีบทเรียนเป็นโอห์ม (Ohm) ตั้งเพื่อเป็นเกียรติแก่ จอร์จ ซิมอน โอห์ม (George Simon Ohm) ซึ่งเป็นนักฟิสิกส์ชาวเยอรมันที่ค้นพบเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่าง แรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้ากับความต้านทาน ซึ่งใช้อักษรตัว R แทนปริมาณความต้านทาน และอักษรตัว Ω (อ่านว่าโอเมกา) แทนบทเรียนของความต้านทาน

นิยาม “**ความต้านทาน 1 โอห์ม คือ การให้แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจำนวน 1 โวลต์ ทำให้เกิดการไหลของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์**” นั่นคือ

$$R = \frac{V}{I} \qquad \text{..... (1.6)}$$

1.6.2 ความนำไฟฟ้า (Conductance) คือ ความสามารถของสารในการยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ดีเพียงใด (ส่ง สุขดานนท์, 2538: 137) สารที่มีความนำไฟฟ้าสูงจะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย (ความต้านทานน้อย) และสารที่มีความนำไฟฟ้าต่ำจะให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ยาก (ความต้านทานมาก) ซึ่งความนำไฟฟ้าใช้อักษรตัว G แทนปริมาณความนำไฟฟ้า และอักษรตัว S (Siemens อ่านว่า ซีเมนส์) แทนบทเรียนของความนำไฟฟ้า โดยความนำไฟฟ้ามีค่าตรงข้ามกับความต้านทาน ดังนั้น

$$G = \frac{1}{R} \qquad \text{..... (1.7)}$$

ตัวอย่าง จ่ายแรงดันไฟฟ้า 25 V ให้กับตัวต้านทานทำให้มีกระแสไฟฟ้า 0.2 A จงคำนวณหาค่าความต้านทานและค่าความนำไฟฟ้า

วิธีทำ

จาก $R = \frac{V}{I}$

เมื่อ $V = 25\ V$ และ $I = 0.2\ A$

แทนค่า $R = \frac{25\ V}{0.2\ A} = 125\ \Omega$

และ $G = \frac{1}{R}$

แทนค่า $G = \frac{1}{125\ \Omega}$

$G = 0.008\ S$

ความต้านทานมีค่าเท่ากับ 125 Ω **ตอบ**

ความนำไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 0.008 S **ตอบ**

1.7 เซลล์ไฟฟ้า

เซลล์ไฟฟ้า (Electric cells) คือ เซลล์ที่ใช้ในการกำเนิดแรงดันไฟฟ้าโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี หรืออาจเรียกว่า เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) เซลล์ประเภทนี้เรียกว่า เซลล์กัลวานิก (Galvanic cell)

1.7.1 ชนิดของเซลล์กัลวานิก เซลล์กัลวานิกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เซลล์ปฐมภูมิ (Primary cells) คือ เซลล์กัลวานิกที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในเซลล์อย่างสมบูรณ์ แต่ทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีย้อนกลับไม่ได้ หรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ไปหมดแล้วไม่สามารถนำมาประจุไฟใหม่ไม่ได้ เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่แบบเซลล์แห้ง แบตเตอรี่แบบปรอท

2. เซลล์ทุติยภูมิ (Secondary cells) คือ เซลล์กัลวานิกที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในเซลล์ เมื่อเกิดขึ้นแล้วสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาทางเคมีย้อนกลับได้ หรือกล่าวง่าย ๆ ว่าเป็นเซลล์ไฟฟ้าที่ใช้ไปหมดแล้วสามารถนำมาประจุไฟใหม่ได้ เช่น แบตเตอรี่แบบตะกั่ว-กรด (แบตเตอรี่รถยนต์) แบตเตอรี่ลิเทียมแข็ง เป็นต้น เซลล์ทุติยภูมิชนิดต่าง ๆ

1.7.2 การต่อเซลล์ไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้าในแต่ละก้อนหรือแต่ละลูกที่ผลิตออกมาจะมีค่าแรงดันไฟฟ้าที่ 1.2 V, 1.5 V, 9 V และ 12 V เป็นต้น ถ้าต้องการแรงดันไฟฟ้าหรือต้องการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้มีค่ามากขึ้น สามารถนำเซลล์เหล่านี้มาต่ออนุกรมกันหรือต่อขนานกันได้

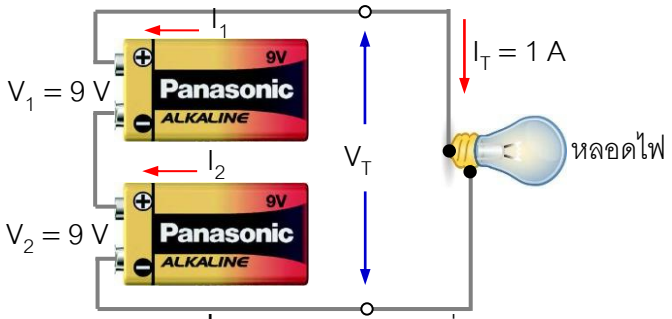
1. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม เป็นการต่อเซลล์ไฟฟ้าโดยให้ขั้วของแต่ละเซลล์ต่างกันต่อเข้าด้วยกันเรียงลำดับกันไป (ขั้ว – ของเซลล์ 1 ต่อเข้ากับขั้ว + ของเซลล์ 2 ขั้ว – ของเซลล์ 2 ต่อเข้ากับขั้ว + ของเซลล์

2. การต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน เป็นการต่อเซลล์ไฟฟ้าโดยให้ขั้วของแต่ละเซลล์มีขั้วเหมือนกัน มาต่อรวมกัน (ขั้ว + ของเซลล์ 1 ต่อเข้ากับขั้ว + ของเซลล์ 2 ขั้ว + ของเซลล์ 2 ต่อเข้ากับขั้ว + ของเซลล์ 3 และขั้ว – ของเซลล์ 1 ต่อเข้ากับขั้ว – ของเซลล์ 2 ขั้ว – ของเซลล์ 2 ต่อเข้ากับขั้ว – ของเซลล์ 3

ตัวอย่าง ดังรูป จงคำนวณหา

ก. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แต่ละเซลล์



รูปที่ 1.9 รูปของตัวอย่างที่ 1.10

วิธีทำ จากรูปที่ 1.9 ทั้งสองเซลล์ต่อแบบอนุกรมกัน ดังนั้น

ก. แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว

จากรูปที่ 1.9 จะได้ $V_T = V_1 + V_2$

แทนค่า $V_T = 9\,V + 9\,V$

$V_T = 18\ V$

แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วมีค่าเท่ากับ 18 V **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แต่ละเซลล์

จากรูปที่ 1.9 จะได้ $I_T = I_1 = I_2 = 1\ A$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากเซลล์แต่ละเซลล์มีค่าเท่ากับ 1 A **ตอบ**

1.8 แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง

แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีดังนี้

1.8.1 เซลล์ไฟฟ้า เป็นเซลล์ที่ใช้ในการกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยอาศัยปฏิกิริยาเคมี หรืออาจเรียกว่า เซลล์ไฟฟ้าเคมี (Electrochemical cell) ซึ่งได้กล่าวรายละเอียดมาแล้วในหัวข้อ 1.7

1.8.2 เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar cell) เป็นเซลล์ที่ใช้ในการกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยอาศัยการเปลี่ยนจากพลังงานแสงมาเป็นพลังงานไฟฟ้า

1.8.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current generator) เป็นการกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้หลักการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเปลี่ยนจากพลังงานกลมาเป็นพลังงานไฟฟ้า

1.8.4 แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current power supply) เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้การแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้มาเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง หรือวิธีการเรียงกระแส (Rectifier) มีทั้งแบบแรงดันไฟฟ้าคงที่และแบบปรับแรงดันไฟฟ้าได้

จากแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่กล่าวมา จะเป็นแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงแบบอิสระเขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังรูปที่ 1.14 (ก) นอกจากนี้ยังมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในห้องปฏิบัติการทดลองก็คือแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบอิสระ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ดังรูปที่ 1.14 (ข)

(ก) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแบบอิสระ (ข) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงแบบอิสระ

รูปที่ 1.14 สัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายแบบอิสระ

1.9 พื้นฐานของวงจรไฟฟ้า

การส่งผ่านพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังจุดอื่น ๆ การที่จะทำเช่นนี้ได้นั้นจะต้องอาศัยการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ การเชื่อมต่อกันนี้เรียกว่า **วงจรไฟฟ้า** (Electric circuit) (สุริภณ สมควรพาณิชย์ และ ขณิษฐา แซ่ตั้ง, 2553 : 1) และส่วนประกอบแต่ละตัวในวงจรนั้นเรียกว่า **อุปกรณ์** (Element)

1.10 อุปกรณ์วงจร

จากที่กล่าวมาแล้วว่าวงจรไฟฟ้านั้นก็คือการเชื่อมต่อกันของอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งอุปกรณ์ที่ต่ออยู่นี้มีด้วยกัน 2 แบบ ที่พบมากในวงจรไฟฟ้า ก็คือ

1.10.1 อุปกรณ์แบบแอ็กทิฟ (Active element) อุปกรณ์ประเภทนี้สามารถที่จะสร้างพลังงานและจ่ายพลังงานได้ ซึ่งได้แก่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้า แบตเตอรี่ เป็นต้น

1.10.2 อุปกรณ์แบบแพสซิฟ (Passive element) อุปกรณ์ประเภทนี้ไม่สามารถที่จะสร้างพลังงานได้ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งว่าเป็นอุปกรณ์ที่มีหน้าที่รับพลังงานนั่นเอง ซึ่งได้แก่ ตัวต้านทาน ตัวเหนี่ยวนำ และตัวเก็บประจุ โดยเฉพาะตัวเก็บประจุเป็นอุปกรณ์แพสซิฟที่เก็บพลังงานได้

1.11 นิยาม กิ่ง โนด และลูป

เนื่องจากอุปกรณ์วงจรสามารถนำตัวอุปกรณ์หลาย ๆ ตัวมาต่อร่วมกันเป็นวงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นผลให้เกิดวงจรไฟฟ้าขึ้นหลายวงจร ซึ่งเรียกลักษณะนี้ว่า **การต่อแบบโครงข่าย** (Network) ซึ่งการต่อแบบโครงข่าย จะพิจารณาโดยการจัดวางอุปกรณ์และรูปแบบการต่อวงจรของโครงข่ายนั้น ๆ เช่น การวางอุปกรณ์ให้เป็นกิ่งหรือแขนง (Branches) ให้เป็นโนดหรือปม (Nodes) และลูปหรือวงวน (Loops)

1.11.1 กิ่งหรือแขนง หมายถึง ตัวแทนของอุปกรณ์วงจร 1 ตัว ไม่ว่าจะเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า หรือตัวต้านทาน เป็นต้น

1.11.2 โนดหรือปม หมายถึง จุดเชื่อมต่อระหว่างกิ่งของวงจร 2 กิ่ง หรือมากกว่า

1.11.3 ลูปหรือวงวน หมายถึง ส่วนที่เป็นของวงจรปิดที่สร้างขึ้น โดยเริ่มวนจากโนดหนึ่งผ่านจุดของโนดอื่น ๆ แล้ววนกลับมายังโนดเริ่มต้น ส่วนมากการวิเคราะห์ขั้นพื้นฐานนิยมวงเป็นลูปย่อย

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 1
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 1	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 1	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้าโดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 1
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับพื้นฐานทางไฟฟ้า	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ 1
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบททึกย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 1
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 1
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่1 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 1 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 1 จำนวน 20 ข้อ
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับพื้นฐานทางไฟฟ้าที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 1
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 1

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า เซลล์ไฟฟ้าแบบต่าง ๆ การต่อเซลล์ไฟฟ้า อุปกรณ์พื้นฐานของวงจร

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับความรู้พื้นฐานของค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้า ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแส**ตรง ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 1
4. ใบมอบหมายงานที่ 1

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทที่ 1 จำนวน 24 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 1 จำนวน 24 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 1 จำนวน 24 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**
นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **1** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นายธนรักษ์ นิลนะมะ)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไฟฟ้า

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าความต้านทาน	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	บทเรียนที่ **2**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **3**
	ชื่อบทเรียน **ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

2.1 ชนิดของตัวต้านทาน

2.2 การอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทาน

2.3 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

2.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

2.5 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

2.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

2.7 การต่อตัวต้านทานแบบผสม

2.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบผสม

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน
2. ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ พร้อมวัดค่าความต้านทาน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
3. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. ตัดสินใจเลือกใช้วิธีการใช้งานตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ และวัดค่าความต้านทาง ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน และทักษะการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1.บอกชนิดของตัวต้านทานได้ 2.อธิบายการอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทานได้ 3.บอกการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมได้ 4.คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมได้ 5.บอกการต่อตัวต้านทานแบบขนานได้ 6.คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบขนานได้ 7.บอกการต่อตัวต้านทานแบบผสมได้ 8.คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบผสมได้	1. ต่อวงจรตัวต้านทานแบบต่าง ๆ พร้อมวัดค่าความต้านทาน ได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

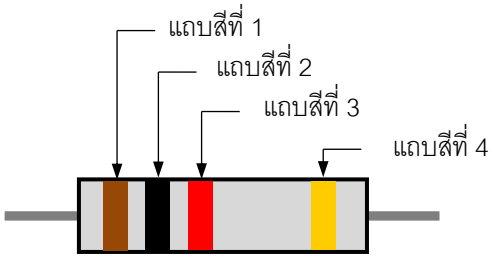
เนื้อหาสาระ

2.1 ชนิดของตัวต้านทาน

ตัวต้านทาน (Resistor) เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบและผลิตขึ้นมาในการต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ซึ่งกระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านตัวต้านทานไปได้มากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าความต้านทาน (Resistance) ตัวต้านทานโดยมากแบ่งออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ ชนิดค่าคงที่ และชนิดที่เปลี่ยนแปลงค่าได้

2.2 การอ่านค่ารหัสสีของตัวต้านทาน

ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่นิยมเรียกตามวัสดุที่นำมาผลิต เช่น แบบคาร์บอนผสม แบบฟิล์มคาร์บอน แบบฟิล์มโลหะ เป็นต้น จากการที่นำมาผลิตทำให้ค่าความต้านทานคลาดเคลื่อนไปจากค่าจริง โดยค่าความต้านทานและค่าความคลาดเคลื่อนต้องอ่านจากรหัสแถบสีโดยเปลี่ยนแถบสีให้เป็นตัวเลข



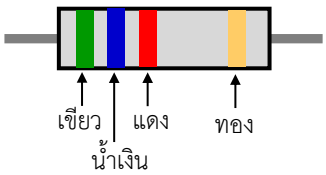
รูปที่ ตัวต้านทานแบบ 4 แถบสี

แถบสีมีทั้งแบบ 4 แถบสีและ 5 แถบสี ซึ่งในบทเรียนนี้จะกล่าวแบบ 4 แถบสี เพราะมีใช้กันมาก วิธีการอ่านแบบ 4 แถบสี มีวิธีการอ่าซึ่งใช้ตัวเลขแทนแถบสี และตัวคูณดังตารางที่ 2.1 โดย

ตารางที่ 2.1 แถบสี ตัวเลขแทนแถบสีและตัวคูณ

สี	แถบสีที่ 1 ตัวตั้ง	แถบสีที่ 2 ตัวตั้ง	แถบสีที่ 3 ตัวคูณ	แถบสีที่ 4 ความคลาดเคลื่อน
ดำ	—	0	1	—
น้ำตาล	1	1	10	—
แดง	2	2	100	—
ส้ม	3	3	1,000	—
เหลือง	4	4	10,000	—
เขียว	5	5	100,000	—
น้ำเงิน	6	6	1,000,000	—
ม่วง	7	7	10,000,000	—
เทา	8	8	—	—
ขาว	9	9	—	—
เงิน	—	—	0.01	± 10%
ทอง	—	—	0.1	± 5%

ตัวอย่าง ดังรูป จงอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน

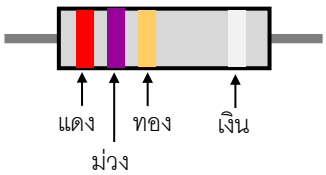


สี เขียว น้ำเงิน แดง ทอง

แทนค่า 5 6 × 100 ± 5% = 5,600 Ω ± 5% = 5.6 kΩ ± 5%

ความต้านทานมีค่าเท่ากับ 5.6 kΩ ± 5% **ตอบ**

ตัวอย่าง ดังรูป จงอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน

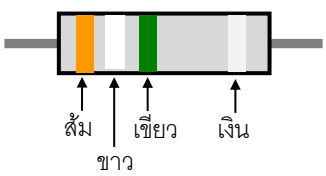


สี แดง ม่วง ทอง เงิน

แทนค่า 2 7 × 0.1 ± 10% = 2.7 Ω ± 10%

ความต้านทานมีค่าเท่ากับ 2.7 Ω ± 10% **ตอบ**

ตัวอย่าง ดังรูป จงอ่านค่าแถบสีของตัวต้านทาน



สี ส้ม ขาว เขียว เงิน

แทนค่า 3 9 × 100,000 ± 10% = 3,900,000 Ω ± 10%

= 3,9 MΩ ± 10%

ความต้านทานมีค่าเท่ากับ 3.9 MΩ **ตอบ**

2.3 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

2.3.1 ลักษณะการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม คือ การนำตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำปลายของตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งมาต่อเข้ากับต้นของตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งเรียงลำดับกันไปเรื่อย ๆ

2.3.2 ความต้านทานรวมแบบอนุกรม ค่าความต้านทานรวมที่ต่อแบบอนุกรมเท่ากับผลรวมของความตัวต้านทานทุกตัว ดังนี้

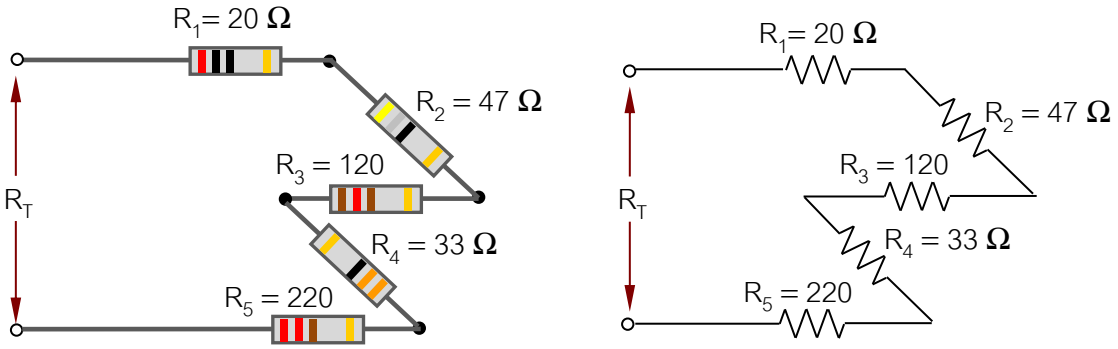
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$$

ถ้าตัวต้านทานต่ออนุกรมกันถึงตัวที่ n จะได้

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

2.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

ตัวอย่าง วงจรตัวต้านทานดังรูป จงคำนวณหาความต้านทานรวม



วิธีทำ

จากรูปที่ 2.4 จะได้ $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$

แทนค่า $= 20\Omega + 47\Omega + 120\Omega + 33\Omega + 220\Omega$

$R_T = 440\ \Omega$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 440 Ω **ตอบ**

2.5 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน

2.5.1 ลักษณะการต่อตัวต้านทานแบบขนาน คือ การนำตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำต้นของตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อรวมกัน และนำปลายของตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน

2.5.2 ความต้านทานรวมแบบขนาน จากรูปที่ 2.6 รูป ข. ค่าความต้านทานรวมที่ต่อแบบขนาน และขนานกันถึงตัวที่ n หาได้ดังนี้

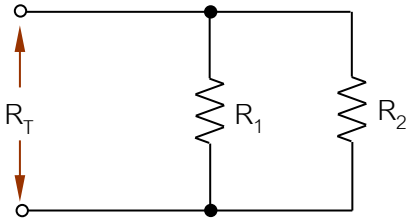
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + ... + \frac{1}{R_n}$$

และจากสมการจะได้ $R_T = \dfrac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + ... + \frac{1}{R_n}\right)}$

หรืออาจจะหาในรูปแบบของค่าความนำไฟฟ้า

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + ... + G_n$$

เมื่อตัวต้านทานต่อขนานกันหลาย ๆ ค่า อาจจะหาค่าความต้านทานครั้งละ 2 ค่าก่อนก็ได้ และทำไปจนกระทั่งครบ ซึ่งทำให้มีความสะดวกและรวดเร็วเช่นกัน ซึ่งหาความต้านทานรวมได้ดังนี้



รูป การต่อตัวต้านทานขนานกัน 2 ตัว

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

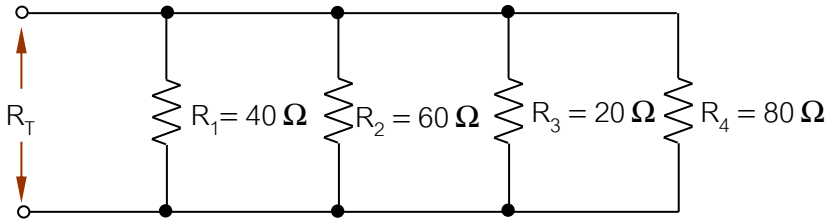
หา ค.ร.น. $\frac{1}{R_T} = \frac{R_2 + R_1}{R_1 R_2}$

ย้ายข้างสมการ $R_1 R_2 = R_T (R_1 + R_2)$

ดังนั้น $R_T = \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)}$

2.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

ตัวอย่าง วงจรตัวต้านทานดังรูป จงคำนวณหาความต้านทานรวม



วิธีทำ วิธีที่ 1

จาก $R_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}\right)}$

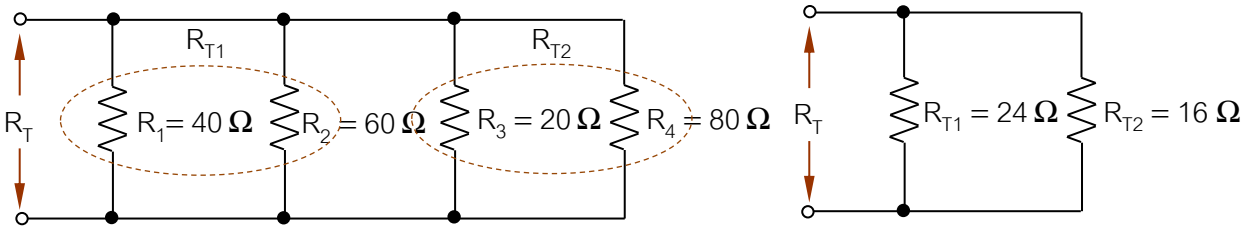
แทนค่า $= \frac{1}{\left(\frac{1}{40\Omega} + \frac{1}{60\Omega} + \frac{1}{20\Omega} + \frac{1}{80\Omega}\right)}$

$= \frac{1}{(0.025S + 0.0166S + 0.05S + 0.0125S)}$

$$R_T = \frac{1}{0.1041\,S} = 9.6\ \Omega$$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 9.6 Ω **ตอบ**

วิธีที่ 2



รูป ตัวต้านทานจับคู่ขนานกันครั้งละ 2 ตัว

ดังนั้น $R_{T1} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

แทนค่า $R_{T1} = \frac{40\ \Omega \times 60\ \Omega}{40\ \Omega + 60\ \Omega} = 24\ \Omega$

และ $R_{T2} = \frac{R_3 R_4}{R_3 + R_4}$

แทนค่า $R_{T2} = \frac{20\ \Omega \times 80\ \Omega}{20\ \Omega + 80\ \Omega} = 16\ \Omega$

จากรูปที่ 2.9 (ข) หาค่า R_T $R_T = \frac{R_{T1} R_{T2}}{R_{T1} + R_{T2}}$

แทนค่า $R_T = \frac{24\ \Omega \times 16\ \Omega}{24\ \Omega + 16\ \Omega} = 9.6\ \Omega$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 9.6 Ω **ตอบ**

2.7 การต่อตัวต้านทานแบบผสม

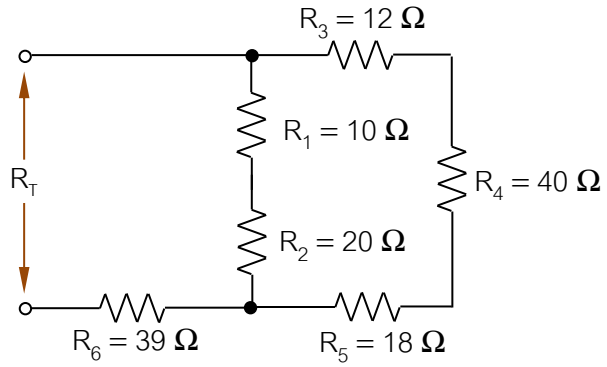
การต่อตัวต้านทานต่อแบบผสมจะไม่มีรูปแบบที่ตายตัวแน่นอนเหมือนกับการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมหรือการต่อตัวต้านทานแบบขนาน ซึ่งลักษณะของการต่อวงจรตัวต้านทานแบบผสมจะมีความ-แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้อยู่กับการต่อตัวต้านทาน ซึ่งสามารถพิจารณาได้อีก 2 ลักษณะ ดังนี้

2.7.1 แบบขนาน—อนุกรม ในการวิเคราะห์จะต้องพิจารณาในส่วนขนานของแต่ละส่วนก่อน แล้วจึงพิจารณาในส่วนอนุกรม

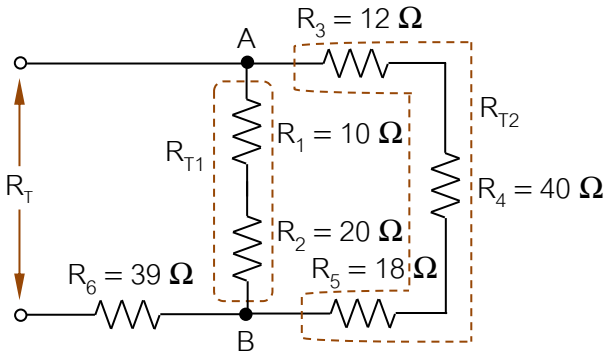
2.7.2 แบบอนุกรม—ขนาน ในการวิเคราะห์จะต้องพิจารณาในส่วนอนุกรมของแต่ละส่วนก่อน แล้วจึงพิจารณาในส่วนของขนาน

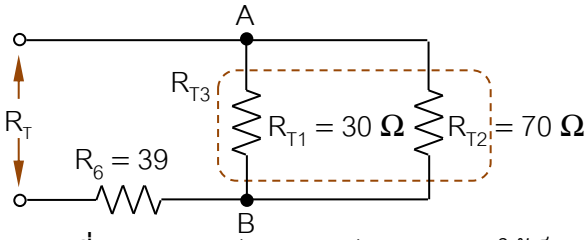
2.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของการต่อตัวต้านทานแบบผสม

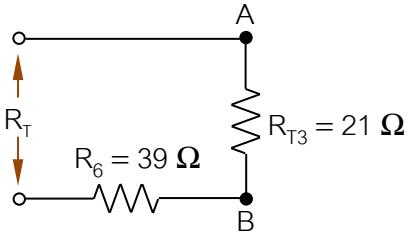
ตัวอย่าง วงจรตัวต้านทานดังรูป จงคำนวณหาความต้านทานรวม



วิธีทำ จากรูป กำหนดจุด A กับ B ให้กับวงจร และยุบหาค่าความต้านทานเพื่อง่ายต่อการพิจารณา







ส่วนที่ 1 R_1 ต่ออนุกรมกับ R_2 กำหนดให้เป็น R_{T1}

ดังนั้น $$R_{T1} = R_1 + R_2$$

แทนค่า $$= 10\Omega + 20\Omega$$

$$R_{T1} = 30\ \Omega$$

ส่วนที่ 2 R_3, R_4 และ R_5 ต่ออนุกรมกันกำหนดให้เป็น R_{T2}

ดังนั้น $$R_{T2} = R_3 + R_4 + R_5$$

แทนค่า $$R_{T2} = 12\Omega + 40\Omega + 18\Omega = 70\ \Omega$$

จากรูปที่จุด A กับ B เห็นว่า R_{T1} ต่อขนานกับ R_{T2} กำหนดให้เป็น R_{T3}

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

แทนค่า R_{T3} $R_{T3} = \frac{30\,\Omega \times 70\,\Omega}{30\,\Omega + 70\,\Omega} = 21\,\Omega$

และจากรูปค่าของ R_T ได้จาก R_{T3} ต่ออนุกรมกับ R_6 ดังนั้น

ดังนั้น $R_T = R_{T3} + R_6$

แทนค่า $R_T = 21\Omega + 39\Omega = 60\,\Omega$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 60 Ω **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 2
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 2	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 2	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทานโดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 2. คำถามบทเรียนที่ 2
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 2
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 2	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 2	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 2	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 2 จำนวน 20 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทานแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 2
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 2

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสม

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับ ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแส**ตรง ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 2
4. ใบมอบหมายงานที่ 2

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 2 จำนวน 20 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 2 จำนวน 20 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 1 จำนวน 20 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **2** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นายธนรักษ์ นิลนะมะ)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน ตัวต้านทานและการต่อตัวต้านทาน

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าความต้านทาน	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	บทเรียนที่ **3**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **4-5**
	ชื่อบทเรียน **กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ**	ชั่วโมงรวม **8** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

3.1 กฎของโอห์ม

3.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของโอห์ม

3.3 กำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์ม

3.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.6 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

3.7 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

3.8 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

3.9 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบผสม

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ
2. ต่อวงจรกฎของโอห์ม พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า
3. ต่อวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายกฎของโอห์มได้
2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของโอห์มได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม แบบขนาน และแบบผสมได้
4. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
5. ตัดสินใจเลือกใช้วิธีการใช้กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ต่อวงจรแบบต่าง ๆ วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ และทักษะการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

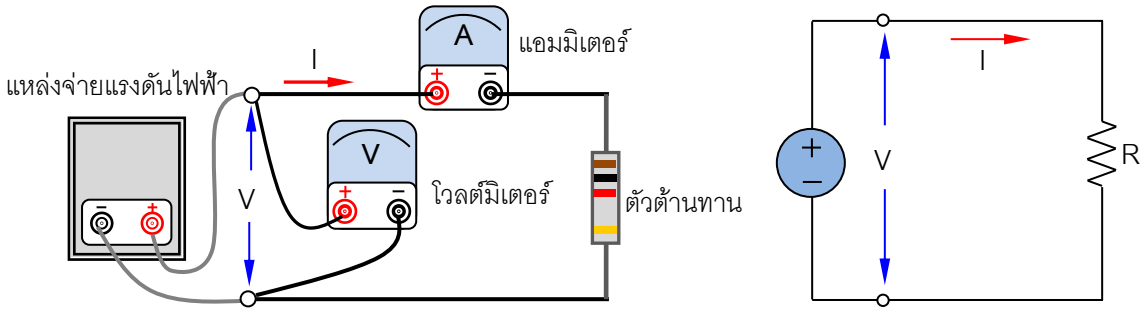
สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายกฎของโอห์มได้ 2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของโอห์มได้ 3. อธิบายกำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์มได้ 4. อธิบายวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 5. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 6. อธิบายวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ 7. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบขนานได้ 8. อธิบายวงจรไฟฟ้าแบบผสมได้ 9. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบผสมได้	1. ต่อวงจรกฎของโอห์ม พร้อมวัดแรง ดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรไฟฟ้า พร้อมวัดแรงดัน ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของ นักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่ สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

3.1 กฎของโอห์ม

ในปีคริสต์ศักราช 1827 นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันชื่อ จอร์จ ไซมอน โอห์ม (George Simon Ohm) ได้ทำการทดลองและเป็นผู้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ได้กำหนดเป็นกฎของโอห์ม (Ohm's Law) ไว้ว่า **"ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ ค่าของกระแสไฟฟ้าแปรผันตามกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับความต้านทาน"** ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวแสดงดังรูป



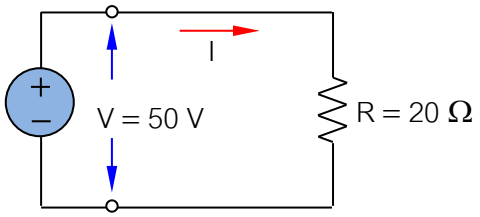
รูป วงจรกฎของโอห์ม

จากความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และความต้านทาน ทำให้ จอร์จ ไซมอน โอห์มได้สรุปเป็นสมการที่ใช้ในการหากระแสไฟฟ้า ดังนี้

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

3.2 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของโอห์ม

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร



รูป วงจรของตัวอย่างที่ 3.1

วิธีทำ

จาก $I = \frac{V}{R}$ เมื่อ $V = 50\ V$ $R = 20\ \Omega$

แทนค่า $I = \frac{50\ V}{20\ \Omega}$ $I = 2.5\ A$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ 2.5 A **ตอบ**

3.3 กำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์ม

กำลังไฟฟ้า 1 วัตต์ คือ อัตราของงานที่ถูกกระทำในวงจรจากการจ่ายแรงดันไฟฟ้า 1 โวลต์แล้วเป็นผลให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 1 แอมแปร์ โดยกำลังไฟฟ้าหาได้จากผลคูณของแรงดันไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

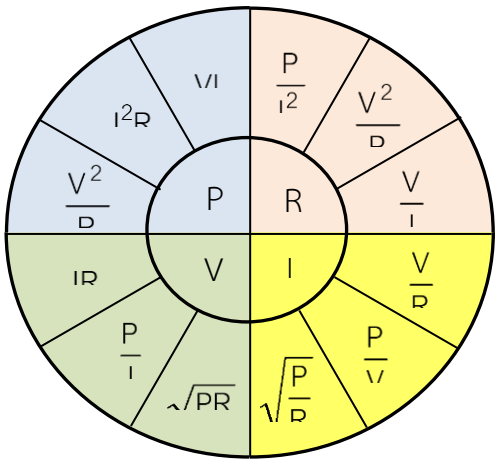
$$P = VI$$

นอกจากนี้ยังนำสมการจากกฎของโอห์มมาแทนค่าในสมการที่ 3.4 ของกำลังไฟฟ้าได้ ซึ่งจะทำให้ได้สมการของกำลังไฟฟ้าหลากหลายเพื่อใช้ในการคำนวณ ซึ่งทำได้ดังนี้

จะได้ $P = I^2R$

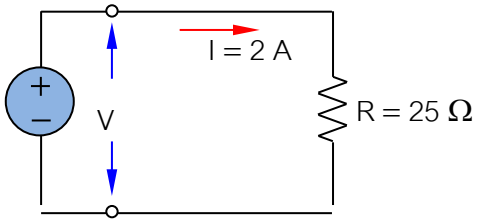
$$P = \frac{V^2}{R}$$

จากที่กล่าวมาเห็นว่ากำลังไฟฟ้ามีความเกี่ยวพันธ์กับกฎของโอห์ม คือแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าและความต้านทาน ดังนั้นสามารถเขียนเป็นผังวงกลมเพื่อสะดวกต่อการจดจำ ดังรูปที่ 3.5



รูป ผังวงกลมของกำลังไฟฟ้ากับกฎของโอห์ม

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน



รูป วงจรของตัวอย่างที่ 3.4

วิธีทำ

จาก $P = I^2R$

เมื่อ $I = 2\ A$ และ $R = 25\ \Omega$

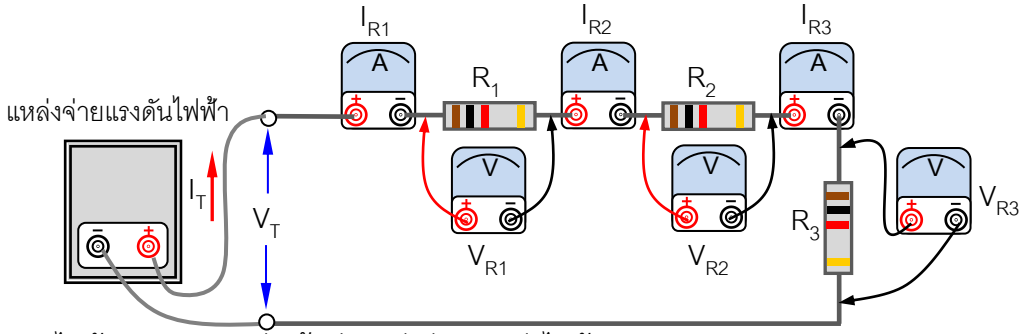
แทนค่า $I = (2\ A)^2 \times 25\ \Omega$

$P = 100\ W$

กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานมีค่าเท่ากับ 100 W **ตอบ**

3.4 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

เป็นวงจรที่มีตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำปลายของตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งมาต่อเข้ากับต้นของตัวต้านทานอีกตัวหนึ่งซึ่งเรียงลำดับกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวมาแล้วในบทเรียนที่ 2 จากนั้นนำมาต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีเพียงสาขาเดียวและมีค่าเท่ากันตลอด ดังรูป



รูป วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า

วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีลักษณะสมบัติดังนี้

1. ความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของความต้านทานแต่ละตัวรวมกัน

   $R_T = R_1 + R_2 + R_3$

2. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวในวงจรมีค่าเท่ากัน

   $I_T = I_{R1} = I_{R2} = I_{R3}$

3. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวเมื่อนำมารวมกัน เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย

$$V_T = V_{R1} + V_{R2} + V_{R3}$$

4. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายที่จ่ายให้กับวงจร

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3}$$

3.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

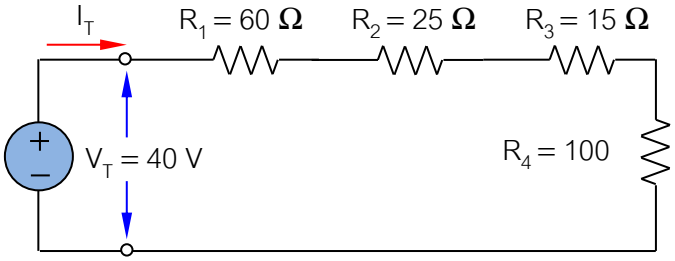
ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา

ก. ความต้านทานรวม

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

ง. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานแต่ละตัว



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ก. ความต้านทานรวม

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

แทนค่า $$= 60\Omega + 25\Omega + 15\Omega + 100\Omega$$

$$R_T = 200\ \Omega$$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 200 Ω **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

จาก $$I_T = \frac{V_T}{R_T}$$

เมื่อ $V_T = 40$ V และ $R_T = 200\ \Omega$

แทนค่า $$I_T = \frac{40\text{ V}}{200\ \Omega}$$

$$I_T = 0.2\text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับ 0.2 A **ตอบ**

ค. แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

จากวงจรรูป $I_{R1} = I_{R2} = I_{R3} = I_{R4} = I_T = 0.2$ A

จาก $V_{R1} = I_{R1} R_1$

แทนค่า $= 0.2\,A \times 60\,\Omega$

$V_{R1} = 12\ V$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_1 มีค่าเท่ากับ 12 V **ตอบ**

จาก $V_{R2} = I_{R2} R_2$

แทนค่า $= 0.2\,A \times 25\,\Omega$

$V_{R2} = 5\ V$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับ 5 V **ตอบ**

จาก $V_{R3} = I_{R3} R_3$

แทนค่า $= 0.2\,A \times 15\,\Omega$

$V_{R2} = 3\ V$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับ 3 V **ตอบ**

จาก $V_{R4} = I_{R4} R_4$

แทนค่า $= 0.2\,A \times 100\,\Omega$

$V_{R4} = 20\ V$

แรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 มีค่าเท่ากับ 20 V **ตอบ**

ง. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานแต่ละตัว

จาก $P_{R1} = (I_{R1})^2 R_1$

แทนค่า $= (0.2\,A)^2 \times 60\,\Omega$

$P_{R1} = 2.4\ W$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_1 มีค่าเท่ากับ 2.4 W**ตอบ**

จาก $P_{R2} = (I_{R2})^2 R_2$

แทนค่า $= (0.2\,A)^2 \times 25\,\Omega$

$P_{R2} = 1\ W$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับ 1 W **ตอบ**

จาก $P_{R3} = (I_{R3})^2 R_3$

แทนค่า $= (0.2\,A)^2 \times 15\,\Omega$

$P_{R3} = 0.6\ W$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับ 0.6 W**ตอบ**

จาก $P_{R4} = (I_{R4})^2 R_4$

แทนค่า $= (0.2\,A)^2 \times 100\,\Omega$

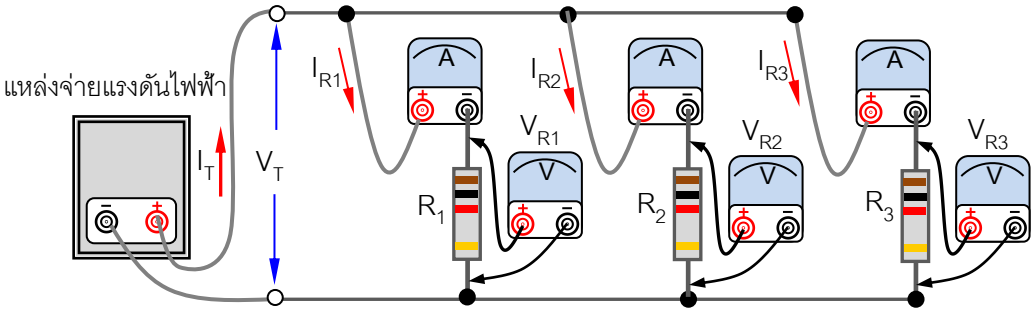
$P_{R4} = 4\ W$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_4 มีค่าเท่ากับ 4 W **ตอบ**

ดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มีค่าเท่ากับ 85 V **ตอบ**

3.6 วงจรไฟฟ้าแบบขนาน

เป็นวงจรที่มีตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำต้นของตัวต้านทานแต่ละตัวมาต่อรวมกัน และนำปลายของตัวต้านทานแต่ละตัวรวมกัน ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวมาแล้วในบทเรียนที่ 2 จากนั้นนำมาต่อเข้ากับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นผลให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรมีหลายสาขา และมีค่าแรงดันตกคร่อมเท่ากัน ดังรูป



ซึ่งวงจรไฟฟ้าแบบขนาน มีลักษณะสมบัติดังนี้

1. ความต้านทานรวมของวงจรหาค่าได้ดังนี้

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

2. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานทุกตัวในวงจรมีค่าเท่ากันและเท่ากับแหล่งจ่าย

$$V_T = V_{R1} = V_{R2} = V_{R3}$$

3. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวเมื่อนำมารวมกัน เท่ากับกระแสไฟฟ้ารวม

$$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3}$$

4. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันจะเท่ากับกำลังไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายที่จ่ายให้กับวงจรหรือกำลังไฟฟ้ารวม

$$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3}$$

3.7 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบขนาน

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา

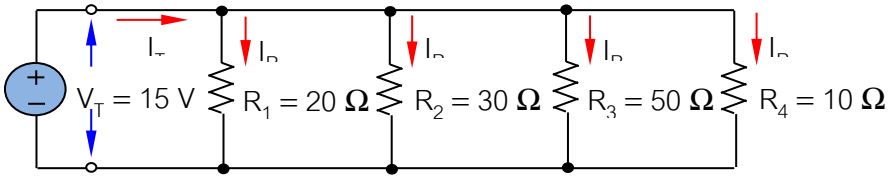
ก. ความต้านทานรวม

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

ค. กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

ง. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานแต่ละตัว

จ. กำลังไฟฟ้ารวม



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ก. ความต้านทานรวม

จากรูปที่ 3.11 จะได้ $R_T = \dfrac{1}{\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}+\frac{1}{R_4}\right)}$

แทนค่า $R_T = \dfrac{1}{\left(\frac{1}{20\,\Omega}+\frac{1}{30\,\Omega}+\frac{1}{50\,\Omega}+\frac{1}{10\,\Omega}\right)}$

$$R_T = \frac{1}{(0.05\,S + 0.0334\,S + 0.02\,S + 0.1S)} = \frac{1}{0.2034\ S} = 4.916\ \Omega$$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 4.916 Ω **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

จากวงจรรูปที่ 3.11 $V_{R1} = V_{R2} = V_{R3} = V_{R4} = V_T = 15$ V

จาก $I_{R1} = \dfrac{V_{R1}}{R_1}$

แทนค่า $= \dfrac{15\ V}{20\,\Omega}$

$I_{R1} = 0.75$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลตัวต้านทาน R_1 มีค่าเท่ากับ 0.75 A **ตอบ**

จาก $I_{R2} = \dfrac{V_{R2}}{R_2}$

แทนค่า $= \dfrac{15\ V}{30\,\Omega}$

$I_{R2} = 0.5$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับ 0.5 A **ตอบ**

จาก $I_{R3} = \dfrac{V_{R3}}{R_3}$

แทนค่า $= \dfrac{15\ V}{50\,\Omega}$

$$I_{R3} = 0.3\ A$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับ 0.3 A **ตอบ**

จาก $$I_{R4} = \frac{V_{R4}}{R_4}$$

แทนค่า $$= \frac{15\,V}{10\,\Omega}$$

$$I_{R4} = 1.5\ A$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลตัวต้านทาน R_4 มีค่าเท่ากับ 1.5 A **ตอบ**

ค. กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

จาก $$I_T = I_{R1} + I_{R2} + I_{R3} + I_{R4}$$

แทนค่า $$= 0.75\,A + 0.5\,A + 0.3\,A + 1.5\,A$$

$$I_T = 3.05\ A$$

หรือ $$I_T = \frac{V_T}{R_T} = \frac{15\,V}{4.916\,\Omega} = 3.05\ A$$

กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับ 3.05 A **ตอบ**

ง. กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานแต่ละตัว

จาก $$P_{R1} = (I_{R1})^2 R_1$$

แทนค่า $$= (0.75\,A)^2 \times 20\,\Omega = 11.25\ W$$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_1 มีค่าเท่ากับ 11.25 W **ตอบ**

จาก $$P_{R2} = (I_{R2})^2 R_2$$

แทนค่า $$= (0.5\,A)^2 \times 30\,\Omega = 7.5\ W$$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_2 มีค่าเท่ากับ 7.5 W**ตอบ**

จาก $$P_{R3} = (I_{R3})^2 R_3$$

แทนค่า $$= (0.3\,A)^2 \times 50\,\Omega = 4.5\ W$$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับ 4.5 W**ตอบ**

จาก $$P_{R4} = (I_{R4})^2 R_4$$

แทนค่า $$P_{R4} = (1.5\,A)^2 \times 10\,\Omega = 22.5\ W$$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่ากับ 22.5 W **ตอบ**

จ. กำลังไฟฟ้ารวม

จาก $$P_T = P_{R1} + P_{R2} + P_{R3} + P_{R4}$$

แทนค่า $$= 11.25\,W + 7.5\,W + 4.5\,W + 22.5\,W$$

$P_T = 45.75\ W$

กำลังไฟฟ้ารวมมีค่าเท่ากับ 45.75 W **ตอบ**

3.8 วงจรไฟฟ้าแบบผสม

ในวงจรไฟฟ้าต่อแบบผสมไม่มีรูปแบบที่ตายตัวแน่นอนเหมือนกับวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม หรือวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ซึ่งลักษณะของการต่อวงจรไฟฟ้าแบบผสมจะมีความแตกต่างกันออกไป ทั้งนี้อยู่กับการต่อตัวต้านทาน

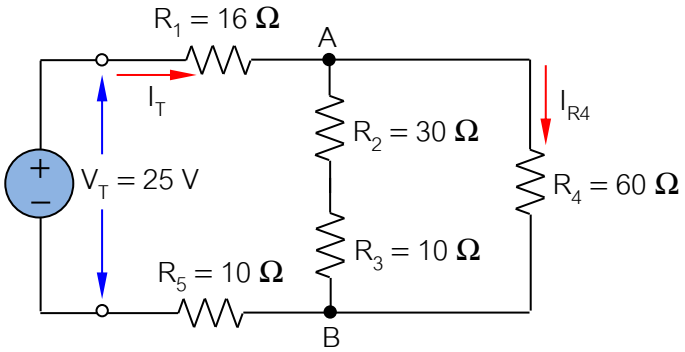
3.9 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบผสม

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา

ก. ความต้านทานรวม

ข. กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

ค. แรงดันไฟฟ้าที่จุด A—B และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_4



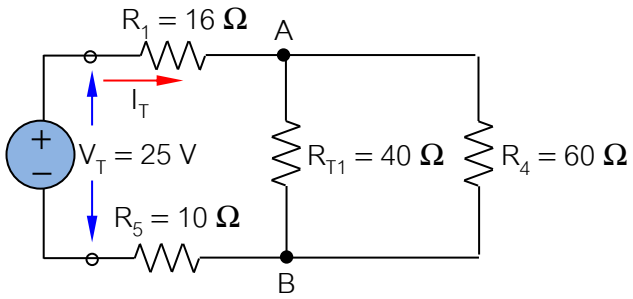
รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ จากรูป ที่จุดต่อ A และจุดต่อ B เห็นว่า R_2 ต่ออนุกรมกับ R_3 กำหนดให้เป็น R_{T1}

โดย $R_{T1} = R_2 + R_3$

แทนค่า $R_{T1} = 30\Omega + 10\Omega = 40\ \Omega$

เขียนวงจรใหม่เพื่อให้เห็นการต่อตัวต้านทานดังรูป



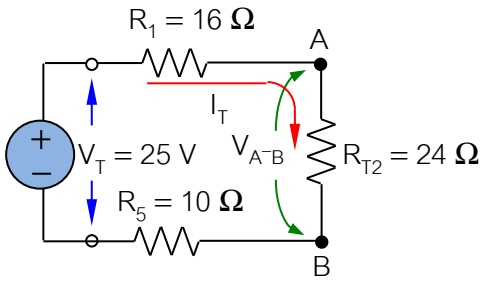
รูป วงจรใหม่ของค่า R_{T1}

จากรูปที่ 3.14 ที่จุด A กับ B เห็นว่า R_{T1} ต่อขนานกับ R_4 กำหนดให้เป็น R_{T2}

โดย $R_{T2} = \dfrac{R_{T1}R_4}{R_{T1} + R_4}$

แทนค่า $R_{T2} = \frac{40\,\Omega \times 60\,\Omega}{40\,\Omega + 60\,\Omega} = 24\ \Omega$

เขียนวงจรใหม่เพื่อให้เห็นการต่อตัวต้านทานดังรูปที่ 3.15



รูป วงจรใหม่ของค่า R_{T2}

และจากรูป จะเห็นว่า R_1, R_{T2} และ R_5 ต่ออนุกรมกัน ซึ่งทำให้ได้ค่า R_T

โดย $R_T = R_1 + R_{T2} + R_5$

แทนค่า $R_T = 16\,\Omega + 24\,\Omega + 10\,\Omega = 50\ \Omega$

ความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 50 Ω **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลออกจากแหล่งจ่าย

จาก $I_T = \frac{V_T}{R_T}$

แทนค่า $I_T = \frac{25\ \text{V}}{50\,\Omega} = 0.5\ \text{A}$

กระแสไฟฟ้ารวมที่ไหลออกจากแหล่งจ่ายมีค่าเท่ากับ 0.5 A **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผลประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 3
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 3	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 3	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องกฎของโอห์มและวงจรไฟ-ฟ้าแบบต่าง ๆ โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 3
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ 3
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 3
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 3	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 3	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 3 จำนวน 20 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 3
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 3

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมกฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 3
4. ใบมอบหมายงานที่ 3

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 3 จำนวน 20 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 3 จำนวน 20 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 3 จำนวน 20 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **3** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่างๆ**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน กฎของโอห์มและวงจรไฟฟ้าแบบต่าง ๆ

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าความต้านทาน	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ..ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	บทเรียนที่ที่ 4
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **6-7**
	ชื่อบทเรียนที่ **วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแส**	ชั่วโมงรวม **8** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

4.1 ความหมายของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

4.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ

4.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ

4.4 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

4.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

4.6 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

4.7 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าไฟฟ้า
3. ต่อวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจร
4. ต่อวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า พร้อมวัดกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจร

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระและเมื่อมีภาระได้
2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ และวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระได้
3. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
4. ตัดสินใจเลือกใช้วงจรแบบแรงดันไฟฟ้า วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า ต่อวงจรแบบต่าง ๆ วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า ทักษะการต่อวงจรแรงดันไฟฟ้า การต่อวงจรกระแสไฟฟ้า การวัดค่าทางไฟฟ้า และการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกความหมายของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าได้ 2. อธิบายวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระได้ 3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระได้ 4. อธิบายวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระได้ 5. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระได้ 6. อธิบายวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าได้ 7. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าได้	1. ต่อวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจรได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า พร้อมวัดกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจรได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

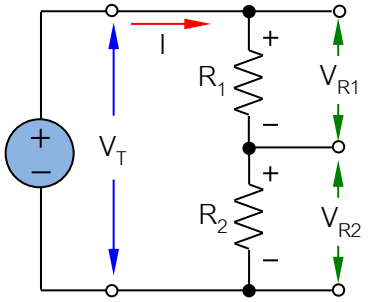
4.1 ความหมายของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า หมายถึง วงจรที่มีการแบ่งแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปให้กับความ-ต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร โดยแรงดันไฟฟ้าที่ถูกแบ่งไปนี้จะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับค่าความ-ต้านทานที่ต่ออยู่ แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ
2. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

4.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ (Unloaded voltage divider) เป็นวงจรที่มีการแบ่งแรงดันไฟฟ้าให้กับตัวต้านทานที่ต่ออยู่ โดยตัวต้านทานแต่ละตัวไม่มีภาระมาต่อขนานกับตัวมันอีก ซึ่งตัวต้านทานต่อกันลักษณะแบบอนุกรมและยังกำหนดค่าของแรงดันไฟฟ้าที่แบ่งไป ดังรูป



รูป วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ

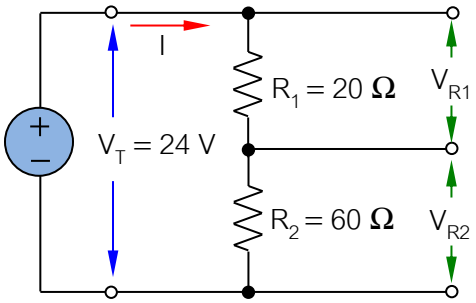
ดังนั้นแรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวหาได้จาก

$$V_{R1} = IR_1 = \frac{V_T R_1}{R_1 + R_2}$$

$$V_{R2} = IR_2 = \frac{V_T R_2}{R_1 + R_2}$$

4.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อไม่มีภาระ

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา



ก. ค่าความต้านทานรวม

ข. แรงดันตกคร่อม R_1 และ R_2

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

รูป วงจรของตัวอย่างที่ 4.1

วิธีทำ

ก. ค่าความต้านทานรวม

จากรูปที่ 4.2 $R_T = R_1 + R_2 = 20\Omega + 60\Omega$

$R_T = 80\ \Omega$

ค่าความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 80 Ω **ตอบ**

ข. แรงดันตกคร่อม R_1 และ R_2

โดย $V_{R1} = \frac{V_T R_1}{R_1 + R_2} = \frac{24\text{ V} \times 20\ \Omega}{20\ \Omega + 60\ \Omega}$

$V_{R1} = 6$ V

และ $V_{R2} = \frac{V_T R_2}{R_1 + R_2} = \frac{24\text{ V} \times 60\ \Omega}{20\ \Omega + 60\ \Omega}$

$V_{R2} = 18$ V

พิสูจน์ $V_T = V_{R1} + V_{R2}$

แทนค่า $V_T = 6\text{V} + 18\text{V} = 24$ V

แรงดันตกคร่อม R_1 มีค่าเท่ากับ 6 V **ตอบ**

แรงดันตกคร่อม R_2 มีค่าเท่ากับ 18 V **ตอบ**

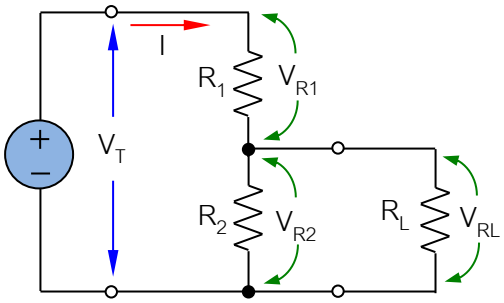
ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจร

โดย $I = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{6\ V}{20\ \Omega} = 0.3\ A$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรมีค่าเท่ากับ 0.3 A **ตอบ**

4.4 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ (Loaded voltage divider) เป็นวงจรที่มีการแบ่งแรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายให้กับตัวต้านทานที่ต่ออยู่ โดยตัวต้านทานตัวใดตัวหนึ่งหรือหลายตัวมีภาระมาต่อขนาน เพื่อให้การแบ่งแรงดันไฟฟ้าที่ภาระตามที่ต้องการ ดังรูป

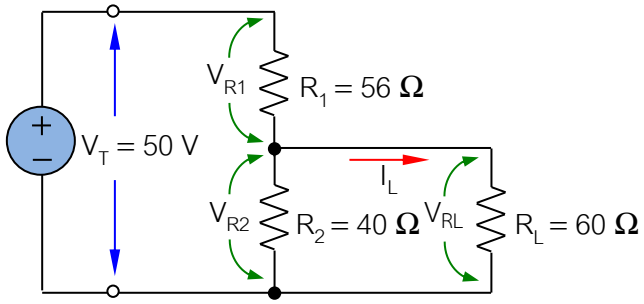


รูป วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

$$V_{R2} = V_{RL} = \frac{V_T R_{T1}}{R_T}$$

4.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าเมื่อมีภาระ

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา



ก. ค่าความต้านทานรวม

ข. แรงดันตกคร่อม R_1 และ R_L

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ก. ค่าความต้านทานรวม

จากวงจรรูปที่ 4.5 เห็นว่า R_L ต่อขนานกับ R_2 จากนั้นจึงต่ออนุกรมกับ R_1 หาค่าต่าง ๆ ดังนี้

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

แทนค่า $R_{T1} = \frac{40\ \Omega \times 60\ \Omega}{40\ \Omega + 60\ \Omega} = 24\ \Omega$

ดังนั้น $R_T = R_1 + R_{T1} = 56\ \Omega + 24\ \Omega = 80\ \Omega$

ค่าความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 80 Ω **ตอบ**

ข. แรงดันตกคร่อม R_1 และ R_L

โดย $V_{R1} = \frac{V_T R_1}{R_T}$

แทนค่า $V_{R1} = \frac{50\,V \times 56\,\Omega}{80\,\Omega} = 35\ V$

และ $V_{RL} = \frac{V_T R_{T1}}{R_T} = \frac{50\,V \times 24\,\Omega}{80\,\Omega} = 15\ V$

แรงดันตกคร่อม R_1 มีค่าเท่ากับ 35 V **ตอบ**

แรงดันตกคร่อม R_L มีค่าเท่ากับ 15 V **ตอบ**

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

โดย $I_L = \frac{V_{RL}}{R_L}$

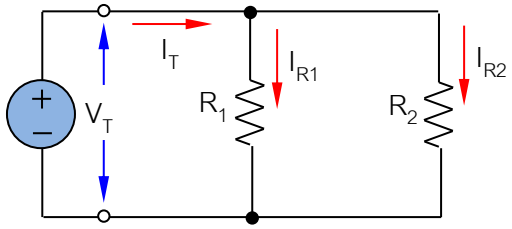
แทนค่า $= \frac{15\,V}{60\,\Omega}$

$I_L = 0.25\ A$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่ากับ 0.25 A **ตอบ**

4.6 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า (Current divider) เป็นวงจรที่มีการแบ่งกระแสไฟฟ้าให้กับตัวต้านทานที่ต่ออยู่ในวงจร ซึ่งตัวต้านทานต่อกันในลักษณะแบบขนานและตัวต้านทานยังกำหนดค่าของกระแสไฟฟ้าที่แบ่งไป



รูป วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 $I_{R1} = \frac{V_T}{R_1} = \frac{I_T}{R_1} \times \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)}$

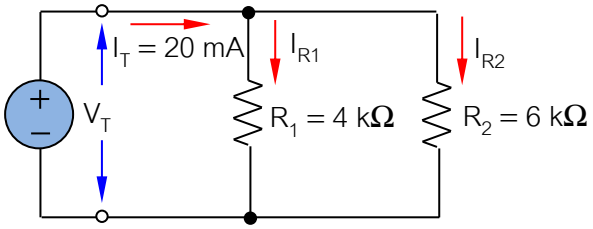
$I_{R1} = \frac{I_T R_2}{R_1 + R_2}$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 $I_{R2} = \frac{V_T}{R_2} = \frac{I_T}{R_2} \times \frac{R_1 R_2}{(R_1 + R_2)}$

$I_{R2} = \frac{I_T R_1}{R_1 + R_2}$

4.7 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา



ก. ค่าความต้านทานรวม

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 และ R_2

วิธีทำ

ก. ค่าความต้านทานรวม

จากรูปที่ 4.8 $$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{4k\Omega \times 6k\Omega}{4k\Omega + 6k\Omega} = 2.4\ k\Omega$$

ค่าความต้านทานรวมมีค่าเท่ากับ 2.4 kΩ **ตอบ**

ข. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 และ R_2

โดย $$I_{R1} = \frac{I_T R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20\ mA \times 6k\Omega}{4k\Omega + 6k\Omega} = 12\ mA$$

และ $$I_{R2} = \frac{I_T R_1}{R_1 + R_2} = \frac{20\ mA \times 4k\Omega}{4k\Omega + 6k\Omega} = 8\ mA$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 มีค่าเท่ากับ 12 mA **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 มีค่าเท่ากับ 8 mA **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนที่เรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนที่เรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียนที่
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ที่ 4
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ที่ 4	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ที่ 4	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ที่ 4
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ที่ 4
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบททึกย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ที่ 4
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 4
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ที่ 4 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ที่ 4 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ที่ 4 จำนวน 20 ข้อ
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ที่ 4
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ที่ 4

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 4
4. ใบมอบหมายงานที่ 4

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ที่ 4 จำนวน 20 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ที่ 4 จำนวน 20 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ที่ 4 จำนวน 20 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ที่ **4** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียนที่ วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	หน่วยที่ **5**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **8**
	ชื่อหน่วย **การแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และ Δ**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

5.1วงจรการต่อแบบวายและแบบเดลตา

5.2การแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย

5.3การแปลงวงจรจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตา

5.4การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยแปลงวงจรวาย–เดลตาและเดลตา–วาย

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา
2. ต่อวงจรแบบวาย พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจร
3. ต่อวงจรแบบเดลตา พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจร

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายวงจรการต่อแบบวายและแบบเดลตาได้
2. อธิบายการแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้
3. อธิบายการแปลงวงจรจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้
4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยแปลงวงจรวาย – เดลตาและเดลตา – วายได้
5. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
6. ตัดสินใจเลือกใช้วิธีการแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา ต่อวงจรแบบต่าง ๆ วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับการแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา ทักษะการต่อวงจรแบบวาย การต่อวงจรแบบเดลตา การวัดแรงดัน การวัดกระแสไฟฟ้า และการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

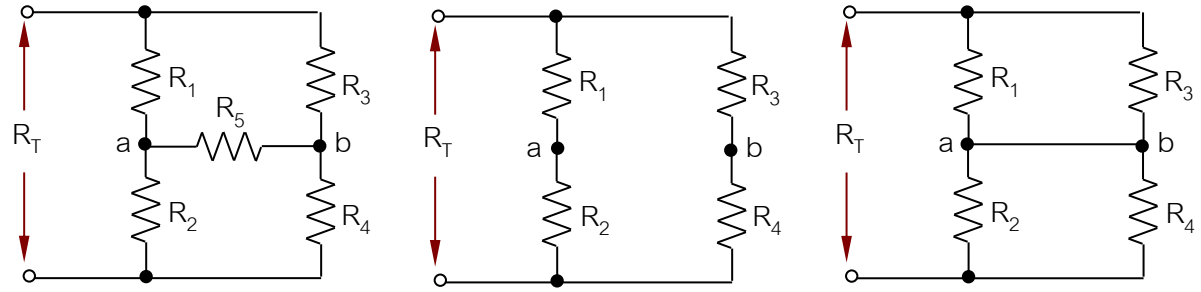
สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกเหตุผลของการแปลงวงจรได้ 2. อธิบายวงจรการต่อแบบวายและแบบเดลตาได้ 3.อธิบายการแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวายได้ 4. อธิบายการแปลงวงจรจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตาได้ 5. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยแปลงวงจรวาย – เดลตาและเดลตา – วายได้	1. ต่อวงจรแบบวาย พร้อมวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจรได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรแบบเดลตา พร้อมวัดแรงดัน ไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจรได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

5.1 เหตุผลของการแปลงวงจร

ในการวิเคราะห์วงจรเมื่อตัวต้านทานที่ต่ออยู่นี้ไม่ได้ต่ออยู่ในลักษณะทั้งแบบขนานหรือแบบอนุกรม ดังนั้นในการวิเคราะห์ จะต้องมีการแปลงวงจร ดังรูป



(ก) แสดงวงจรต่อแบบผสม (ข) แสดงเมื่อปลด R_5 ออกจากจุด a–b (ค) แสดงเมื่อลัดวงจรที่จุดa–b

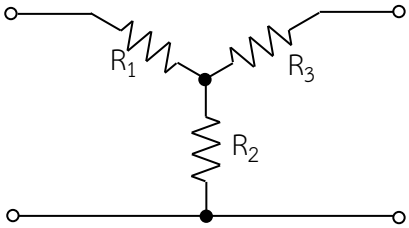
รูป วงจรเมื่อปลดตัวต้านทาน R_5 ออกจากวงจร

จากรูป (ก) ถ้าทำการปลดความต้านทาน R_5 ออกจากจุด a กับ b ดังรูป (ข) ถ้าต้องการหาค่าความต้านทานรวมของวงจร ซึ่งได้จาก $(R_1 + R_2)$ แล้วนำมาขนานกับ $(R_3 + R_4)$ ในทำนองเดียวกันเมื่อปลดความต้านทาน R_5 ออกจากจุด a กับ b แล้วลัดวงจรที่จุด a กับ b ดังรูป (ค) การหาค่าความต้าน ทานรวมของวงจรซึ่งได้จาก $(R_1 // R_3)$ แล้วนำมาอนุกรมกับ $(R_2 // R_4)$ แต่ถ้าความต้านทาน R_5 ต่ออยู่เช่นเดิมการหาค่าความต้านทานรวมก็จะทำวิธีดังกล่าวไม่ได้ ดังนั้นสามารถทำให้อยู่ในรูปแบบอย่างง่ายโดยการใช้โครงข่ายสมมูล 3 ขั้ว โครงข่ายนี้คือโครงข่ายแบบวาย (Y) หรือที (T) และโครงข่ายแบบเดลตา (Δ) หรือพาย (π) โดยโครงข่ายทั้งสองนี้สามารถแปลง

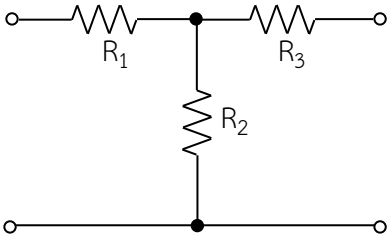
กลับไปมาระหว่างโครงข่ายแบบวายกับเดลตา (wye – delta transformation) ซึ่งทำให้การวิเคราะห์โครงข่ายนั้นมีความง่ายสะดวกมากขึ้น

5.2 วงจรการต่อแบบวายและแบบเดลตา

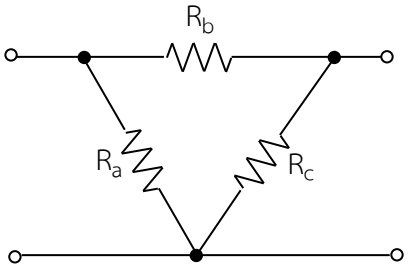
บนโครงข่ายของวงจรไฟฟ้านั้นสามารถพบเห็นการต่อของวงจรทั้งแบบวายและแบบเดลตา รูปแบบ การต่อแบบวาย ดังรูป (ก) โดยนำปลายทั้งสามของ R_1, R_2 และ R_3 มาต่อร่วมกันหรืออาจเขียนรูปเป็นแบบตัวทีดังรูป (ข) ส่วนรูปแบบการต่อแบบเดลตาจะต่อเป็นลักษณะปลายต่อต้นปลายต่อต้นของ R_a, R_b และ R_cบ่วงเป็นรูปเดลตาดังรูป (ค) หรือเขียนเป็นรูปแบบตัวพายดังรูป (ง)



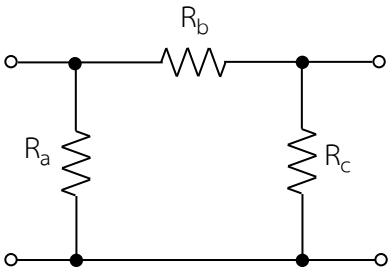
(ก) แสดงการต่อแบบ Y



(ข) แสดงการต่อแบบ T



(ค) แสดงการต่อแบบ Δ

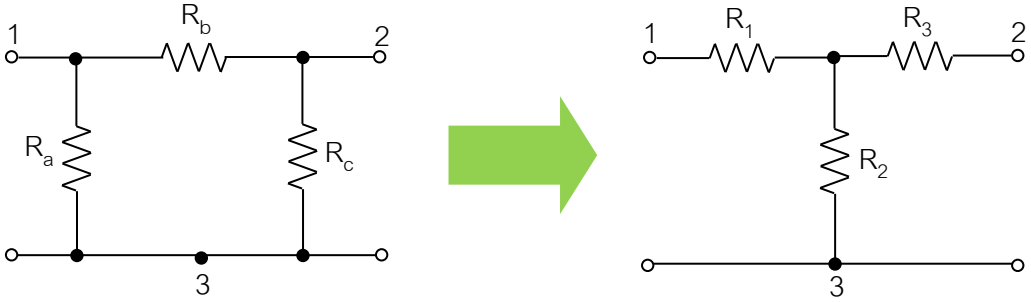


(ง) แสดงการต่อแบบ π

รูป การต่อวงจรแบบวายและแบบเดลตา

5.3 การแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย

การแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย ดังรูปที่ 5.3



(ก) แสดงการต่อแบบ Δ (ข) แสดงการต่อแบบ Y

รูป การแปลงวงจรจากเดลตาไปเป็นแบบวาย

จากวงจรรูป (ก) ตัวต้านทาน R_a, R_b และ R_c ต่อเป็นแบบเดลตาและจะแปลงวงจรให้เป็น R_1, R_2 และ R_3 ที่ต่อแบบวาย ดังรูป (ข) การหาค่าความต้านทานสมมูลที่แปลงไปนี้ต้องเปรียบ เทียบคู่โนดคู่เดียวกันทั้งแบบเดลตาและแบบวาย คือ โนด 1 โนด 2 และโนด 3 เมื่อเปรียบเทียบระหว่างคู่โนดที่โนด 1 กับโนด 3

กำหนดให้ $R_{13}(\Delta)$ = ค่าความต้านทานที่โนด 1 กับโนด 3 ที่ต่อแบบเดลตา

$R_{13}(Y)$ = ค่าความต้านทานที่โนด 1 กับโนด 3 ที่ต่อแบบวาย

ดังนั้นจะได้ว่า $R_{13}(\Delta) = R_a // (R_b + R_c)$

$R_{13}(Y) = R_1 + R_2$

และ $R_{13}(Y) = R_{13}(\Delta)$

$$R_1 + R_2 = R_a // (R_b + R_c)$$

ดังนั้น
$$R_1 + R_2 = \frac{R_a(R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.1)}$$

ในทำนองเดียวกันที่โนด 1 กับโนด 2 จะได้

$$R_1 + R_3 = \frac{R_b(R_a + R_c)}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.2)}$$

ในทำนองเดียวกัน ที่โหนด 2 กับโหนด 3 จะได้

$$R_2 + R_3 = \frac{R_c(R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.3)}$$

สมการที่ (5.1) ลบด้วยสมการที่ (5.3) จะได้

$$(R_1 + R_2) - (R_2 + R_3) = \frac{R_a(R_b + R_c)}{R_a + R_b + R_c} - \frac{R_c(R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_1 - R_3 = \frac{R_a(R_b + R_c) - R_c(R_a + R_b)}{R_a + R_b + R_c}$$

$$= \frac{R_aR_b + R_aR_c - R_aR_c - R_bR_c}{R_a + R_b + R_c}$$

ดังนั้น
$$R_1 - R_3 = \frac{R_aR_b - R_bR_c}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.4)}$$

สมการที่ (5.2) บวกด้วยสมการที่ (5.4) จะได้

$$(R_1 + R_3) + (R_1 - R_3) = \frac{R_b(R_a + R_c)}{R_a + R_b + R_c} + \frac{R_b(R_a - R_c)}{R_a + R_b + R_c}$$

$$2R_1 = \frac{R_aR_b + R_bR_c + R_aR_b - R_bR_c)}{R_a + R_b + R_c}$$

$$2R_1 = \frac{2R_aR_b}{R_a + R_b + R_c}$$

$$R_1 = \frac{R_aR_b}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.5)}$$

ในทำนองเดียวกันสมการที่ (5.3) ลบด้วยสมการที่ (5.2) จากนั้นบวกด้วยสมการที่ (5.1) จะได้

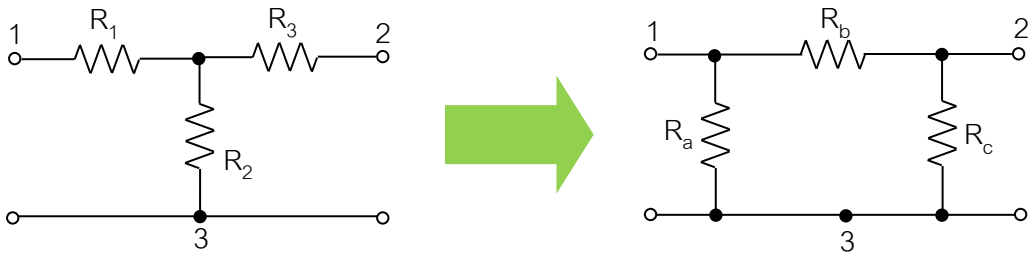
$$R_2 = \frac{R_a R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.6)}$$

ในทำนองเดียวกันสมการที่ (5.2) ลบด้วยสมการที่ (5.1) จากนั้นบวกด้วยสมการที่ (5.3) จะได้

$$R_3 = \frac{R_b R_c}{R_a + R_b + R_c} \quad \text{..... (5.7)}$$

5.4 การแปลงวงจรจากแบบวายไปเป็นแบบเดลตา

การแปลงวงจรจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย ดังรูป



(ก) แสดงการต่อแบบ Y (ข) แสดงการต่อแบบ Δ

รูป การแปลงวงจรจากวายไปเป็นแบบเดลตา

จากวงจรรูป (ก) ตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 ต่อเป็นแบบวายและแปลงวงจรให้เป็น R_a, R_b และ R_c ที่ต่อแบบเดลตาดังรูป (ข) ซึ่งการหาค่าความต้านทานสมมูลที่แปลงไปนี้ ก็หาได้ลักษณะเช่น เดียวกันโดยพิจารณาจากสมการที่ (5.5) ถึงสมการที่ (5.7) ดังนี้

นำสมการที่ (5.5) คูณด้วยสมการที่ (5.6) จะได้

$$R_1 R_2 = \frac{(R_a R_b)(R_a R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} \quad \text{..... (5.8)}$$

นำสมการที่ (5.6) คูณด้วยสมการที่ (5.7) จะได้

$$R_2 R_3 = \frac{(R_a R_c)(R_b R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} \quad \text{..... (5.9)}$$

นำสมการที่ (5.7) คูณด้วยสมการที่ (5.5) จะได้

$$R_3 R_1 = \frac{(R_a R_b)(R_b R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} \quad \text{..... (5.10)}$$

นำสมการที่ (5.8) บวกด้วยสมการที่ (5.9) และบวกด้วยสมการที่ (5.10) จะได้

$$R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 = \frac{(R_a R_b)(R_a R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} + \frac{(R_a R_c)(R_b R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2} + \frac{(R_a R_b)(R_b R_c)}{(R_a + R_b + R_c)^2}$$

$$= \frac{R_a R_b R_c (R_a + R_c + R_b)}{(R_a + R_b + R_c)^2}$$

$$R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3 R_1 = \frac{R_a R_b R_c}{(R_a + R_b + R_c)} \quad \text{..... (5.11)}$$

สมการที่ (5.11) หารด้วยสมการที่ (5.7) จะได้

$$\frac{\dfrac{R_aR_bR_c}{(R_a+R_b+R_c)}}{\dfrac{R_bR_c}{(R_a+R_b+R_c)}} = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_3}$$

$$\frac{R_aR_bR_c}{(R_a+R_b+R_c)} \times \frac{(R_a+R_b+R_c)}{R_bR_c} = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_3}$$

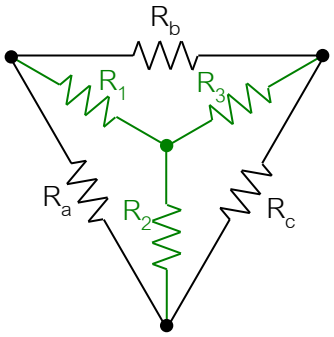
$$R_a = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_3} \qquad \text{..... (5.12)}$$

ในทำนองเดียวกัน สมการที่ (5.11) หารด้วยสมการที่ (5.6) จะได้

$$R_b = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_2} \qquad \text{..... (5.13)}$$

ในทำนองเดียวกัน สมการที่ (5.11) หารด้วยสมการที่ (5.5) จะได้

$$R_c = \frac{R_1R_2+R_2R_3+R_3R_1}{R_1} \qquad \text{..... (5.14)}$$



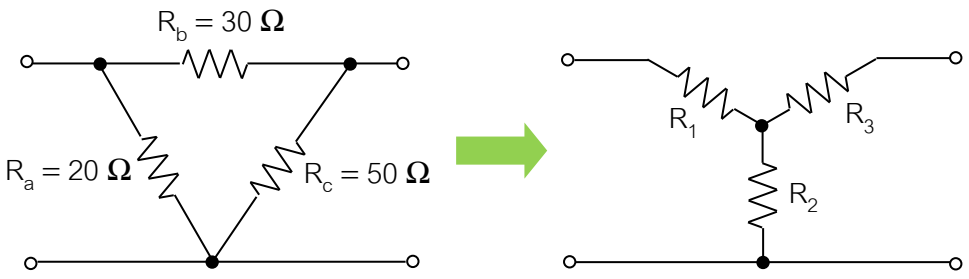
เมื่อ $\Sigma R_\Delta = R_a + R_b + R_c$

$\Sigma R_Y = R_1 R_2 + R_2 R_3 + R_3$

รูป การทับซ้อนกันของวงจรแบบ Y กับแบบ Δ เพื่อช่วยเป็นเครื่องมือในการจำ

5.5 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยแปลงวงจรวาย – เดลตาและเดลตา – วาย

ตัวอย่าง วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าความต้านทานที่แปลงจากแบบเดลตาไปเป็นแบบวาย



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

โดย $\Sigma R_\Delta = R_a + R_b + R_c$

แทนค่า $= 20\Omega + 30\Omega + 50\Omega$

$\Sigma R_\Delta = 100\ \Omega$

หาค่า R_1 จาก $R_1 = \frac{R_a R_b}{\sum R_\Delta}$

แทนค่า $= \frac{20\,\Omega \times 30\,\Omega}{100\,\Omega}$

$R_1 = 6\ \Omega$

หาค่า R_2 จาก $R_2 = \frac{R_a R_c}{\sum R_\Delta}$

แทนค่า $= \frac{20\,\Omega \times 50\,\Omega}{100\,\Omega}$

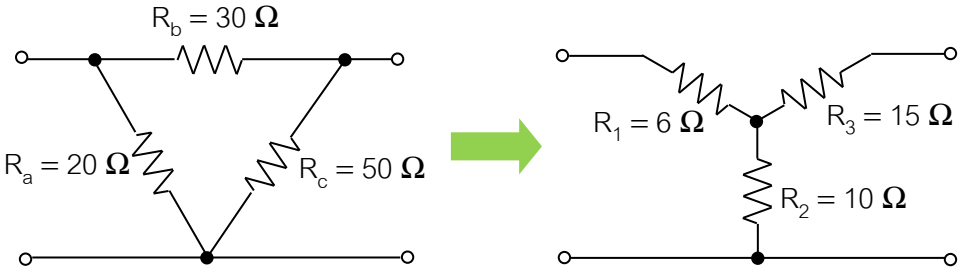
$R_2 = 10\ \Omega$

และหาค่า R_3 จาก $R_3 = \frac{R_b R_c}{\sum R_\Delta}$

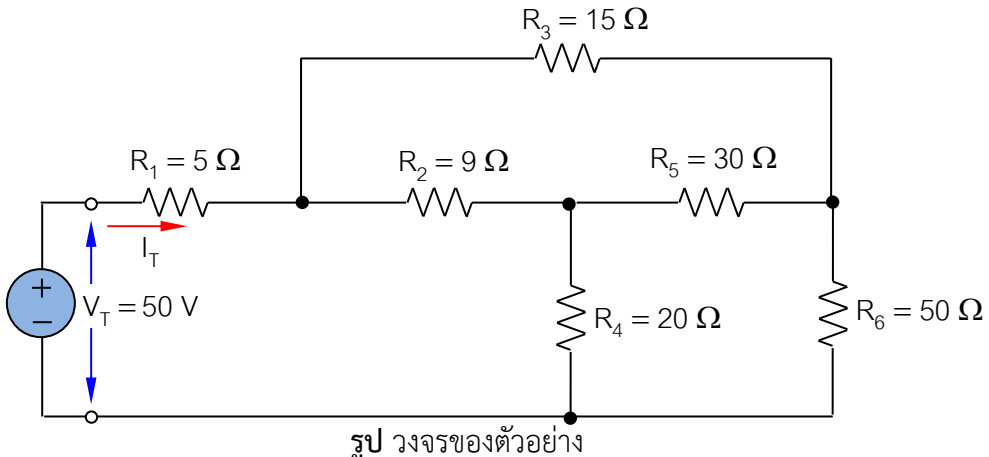
แทนค่า $= \frac{30\,\Omega \times 50\,\Omega}{100\,\Omega}$

$R_3 = 15\ \Omega$

นำค่าที่กำหนดให้และค่าที่คำนวณได้ไปเขียนเป็นวงจรได้ดังรูป



ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวมของวงจร



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ แปลงค่าความต้านทาน R_4, R_5 และ R_6 ที่ต่อแบบเดลตาให้เป็น R_x, R_y และ R_z แบบวาย

โดย $$R_x = \frac{R_4 R_5}{R_4 + R_5 + R_6}$$

แทนค่า $$= \frac{20\,\Omega \times 30\,\Omega}{20\,\Omega + 30\,\Omega + 50\,\Omega}$$

$$= \frac{600\,\Omega.\Omega}{100\,\Omega}$$

$$R_x = 6\ \Omega$$

หาค่า R_y จาก $$R_y = \frac{R_5 R_6}{R_4 + R_5 + R_6}$$

แทนค่า $$= \frac{30\,\Omega \times 50\,\Omega}{20\,\Omega + 30\,\Omega + 50\,\Omega} = \frac{1500\,\Omega.\Omega}{100\,\Omega}$$

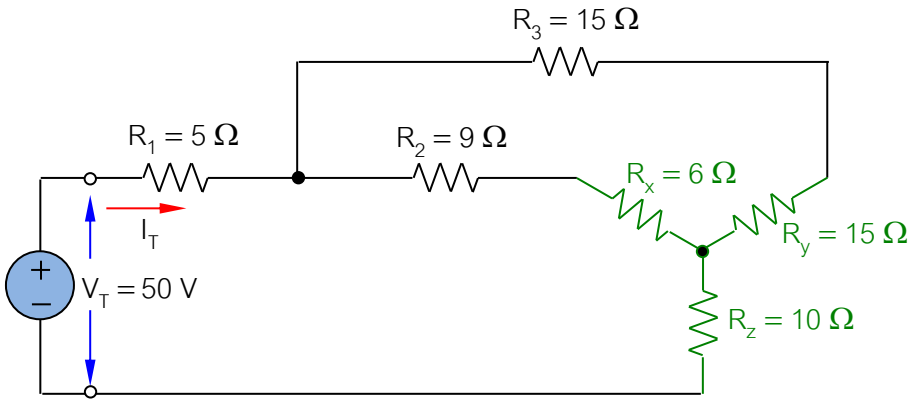
$$R_y = 15\ \Omega$$

และหาค่า R_z จาก $$R_z = \frac{R_4 R_6}{R_4 + R_5 + R_6}$$

แทนค่า $$= \frac{20\,\Omega \times 50\,\Omega}{20\,\Omega + 30\,\Omega + 50\,\Omega} = \frac{1000\,\Omega.\Omega}{100\,\Omega}$$

$$R_z = 10\ \Omega$$

เขียนวงจรใหม่เพื่อง่ายต่อการคำนวณดังรูป



รูป การแปลง R_4, R_5 และ R_6 ที่ต่อแบบเดลตาให้เป็น R_x, R_y และ R_z แบบวาย

จากรูปเห็นว่า R_2 ต่ออนุกรมกับ R_x และ R_3 ต่ออนุกรมกับ R_y กำหนดให้เป็น R_{T1} และ R_{T2} จากนั้นนำมาขนานกันกำหนดให้เป็น R_{T3} หาค่าได้ดังนี้

โดย $$R_{T1} = R_2 + R_x$$

แทนค่า $$= 9\,\Omega + 6\,\Omega$$

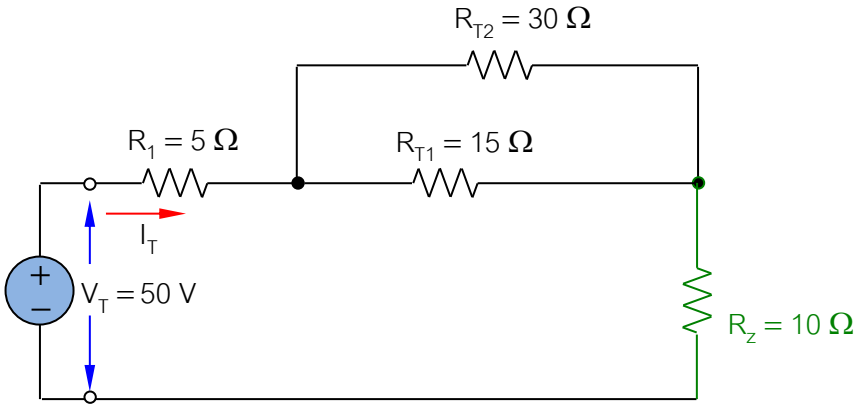
$$R_{T1} = 15\ \Omega$$

และ $$R_{T2} = R_3 + R_y$$

แทนค่า $$= 15\,\Omega + 15\,\Omega$$

$$R_{T2} = 30\ \Omega$$

เขียนวงจรใหม่เพื่อง่ายต่อการคำนวณดังรูป



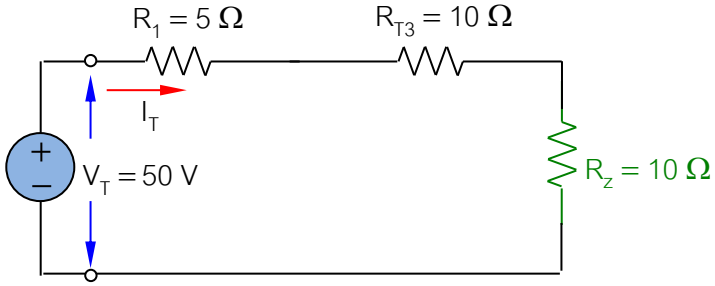
รูป ความต้านทาน R_{T1} และ R_{T2} ที่ได้จากการหาและต่อขนานกัน

จากรูปเห็นว่า R_{T1} และ R_{T2} ต่อขนานกัน กำหนดค่าใหม่ให้เป็น R_{T3} หาค่าได้ดังนี้

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

แทนค่า $$R_{T3} = \frac{15\Omega \times 30\Omega}{15\Omega + 30\Omega} = 10\ \Omega$$

เขียนวงจรใหม่เพื่อง่ายต่อการคำนวณดังรูป



รูป การหาค่าความต้านทานรวมกระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

จากรูปจะเห็นว่า R_1, R_{T3} และ R_Z ต่ออนุกรมกัน ดังนั้นก็สามารถหาค่าความต้านทานรวมและกระแสไฟฟ้ารวมของวงจร ได้ดังนี้

โดย $$R_T = R_1 + R_{T3} + R_z$$

แทนค่า $$= 5\Omega + 10\Omega + 10\Omega$$

$$R_T = 25\ \Omega$$

และกระแสไฟฟ้ารวมของวงจร

โดย $$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{50\,V}{25\Omega} = 2\,A$$

ค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับ 25 Ω **ตอบ**

กระแสไฟฟ้ารวมของวงจรมีค่าเท่ากับ 2 A **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของการแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และแบบ Δ	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของการแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และแบบ Δ	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 5	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องการแปลงค่าความต้าน ทานแบบ Y และแบบ Δ โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 5 2. คำถามหน่วยที่ 5
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับการแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และแบบ Δ	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 5
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 5 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 5 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 5
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 5 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 5 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5 จำนวน 15 ข้อ
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการแปลงค่าความต้าน ทานแบบ Y และแบบ Δ แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 5
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของการแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และแบบ Δ ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง การแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และแบบ Δ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 5
4. ใบมอบหมายงานที่ 5

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 5 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 5 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 5 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

หน่วยที่ **5** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **การแปลงค่าความต้านทานแบบวายและแบบเดลตา**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อหน่วย การแปลงค่าความต้านทานแบบ Y และแบบ Δ

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าความต้านทาน วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	บทเรียนที่ **6**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **9**
	ชื่อบทเรียน **วงจรบริดจ์**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

6.1 ลักษณะของวงจรบริดจ์

6.2 การทำงานของวงจรวีตสโตนบริดจ์

6.3 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล

6.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล

6.5 วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

6.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรบริดจ์
2. ต่อวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล พร้อมวัดค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์
3. ต่อวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล พร้อมวัดค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกลักษณะของวงจรบริดจ์ได้
2. อธิบายวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลและไม่สมดุลได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลและไม่สมดุลได้
4. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
5. ตัดสินใจเลือกใช้วงจรบริดจ์ ต่อวงจรแบบต่าง ๆ วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงจร ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับวงจรบริดจ์ ทักษะการต่อวงจรบริดจ์ และการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1 .บอกลักษณะของวงจรบริดจ์ได้ 2. อธิบายการทำงานของวงจรวีตสโตนบริดจ์ได้ 3. อธิบายวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้ 5. อธิบายวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้ 6. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้	1. ต่อวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลพร้อมวัดค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ ได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลพร้อมวัดค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

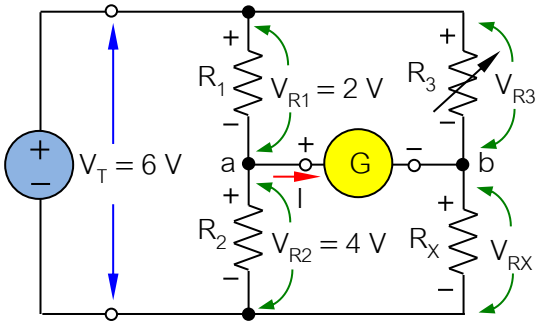
เนื้อหาสาระ

6.1 ลักษณะของวงจรบริดจ์

วงจรบริดจ์ (Bridge circuit) เป็นลักษณะวงจรที่ประกอบด้วยตัวต้านทาน 2 ชุดโดยแต่ละชุดจะมีตัวต้านทาน 2 ตัวต่ออนุกรมกัน แล้วนำแต่ละชุดมาต่อขนานกันแล้วนำไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง

6.2 การทำงานของวงจรวีตสโตนบริดจ์

วีตสโตนบริดจ์ (Wheatstone bridge) เป็นวงจรบริดจ์ไฟฟ้ากระแสตรงที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการหาค่าความต้านทานที่ไม่ทราบค่า โดยเปรียบเทียบกับกับค่าความต้านทานมาตรฐาน ซึ่งการแสดงค่าเปรียบเทียบวงจรบริดจ์จะต้องอยู่ในสภาวะสมดุล ซึ่งมีกัลวานอมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดแสดงค่าความสมดุลของวงจรบริดจ์

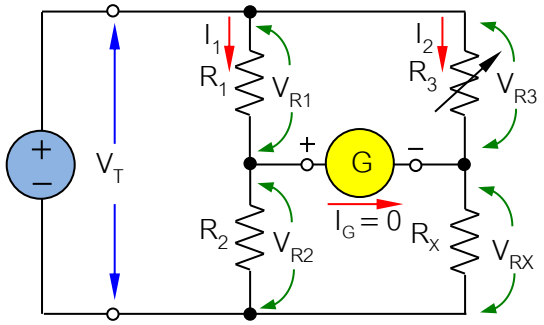


รูป วงจรวีตสโตนบริดจ์เบื้องต้น

การทำงานของวงจรบริดจ์ จากวงจรตัวต้านทาน R_1 และ R_2 มีค่าคงที่ที่ทราบค่าโดยถูกกำหนดมาเป็นอัตราส่วนซึ่งกันและกัน ส่วนตัวต้านทาน R_3 เป็นค่าความต้านทานมาตรฐานและปรับค่าความต้านทานได้ ส่วน R_x เป็นค่าความต้านทานที่ต้องการทราบค่า ถ้าทำการปรับ R_3 ไป แล้วทำให้เกิดความต่างศักย์ที่จุด a–b เท่ากับ 0 V ทำให้ไม่มีกระแสไหลจาก a ไป b ทำให้เข็มของกัลวานอมิเตอร์บ่ายเบนชี้ที่ศูนย์ เรียกสภาวะนี้ว่า **บริดจ์ในสภาวะสมดุล**

6.3 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล

วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล (Balance bridge) เป็นวงจรวีตสโตนบริดจ์ที่ทำงานในสภาวะสมดุล ซึ่งไม่มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ ($I_G = 0$) ดังรูป



รูปที่ 6.2 วงจรวีตสโตนบริดจ์ในสภาวะสมดุล

จากรูปเมื่อวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลจะได้

$$V_{R1} = V_{R3}$$

แทนค่า V_{R1} และ V_{R3}

$$I_1R_1 = I_2R_3 \qquad \text{..... (6.1)}$$

และ

$$V_{R2} = V_{RX}$$

แทนค่า V_{R2} และ V_{RX}

$$I_1R_2 = I_2R_X \qquad \text{..... (6.2)}$$

นำสมการที่ (6.1) หารด้วย (6.2) จะได้

$$\frac{I_1R_1}{I_1R_2} = \frac{I_2R_3}{I_2R_X}$$

จากสมการเห็นว่า I_1 หารกับ I_1 มีค่าเป็น 1 และ I_2 หารกับ I_2 มีค่าเป็น 1 เช่นกัน จะได้

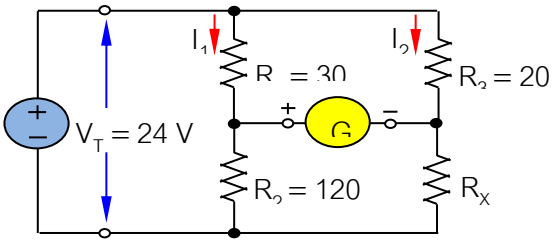
$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_X}$$

ดังนั้น

$$R_X = \frac{R_2R_3}{R_1} \qquad \text{..... (6.3)}$$

6.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป เมื่อวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล จงคำนวณหา



ก. ค่าความต้านทาน R_X

ข. กระแส I_1 และ I_2

รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ก. ค่าความต้านทาน R_X

จากวงจรรูปที่ 6.3 $R_X = \frac{R_2 R_3}{R_1}$

แทนค่า $= \frac{120\,\Omega \times 20\,\Omega}{30\,\Omega}$

$R_X = 80\ \Omega$

ค่าความต้านทาน R_X มีค่าเท่ากับ 80 Ω **ตอบ**

ข. กระแส I_1 และ I_2

โดย $I_1 = \frac{V_T}{R_1 + R_2}$

แทนค่า $= \frac{24\,V}{30\,\Omega + 120\,\Omega}$

$I_1 = 0.16\ A$

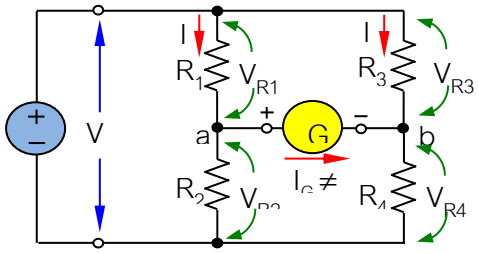
และ $I_2 = \frac{V_T}{R_3 + R_X} = \frac{24\,V}{20\,\Omega + 80\,\Omega} = 0.24\ A$

กระแส I_1 มีค่าเท่ากับ 0.16 A **ตอบ**

กระแส I_2 มีค่าเท่ากับ 0.24 A **ตอบ**

6.5 วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล (Unbalance bridge) เป็นวงจรวีตสโตนบริดจ์ที่ทำงานในสภาวะไม่สมดุล ซึ่งทำให้มีกระแสไหลผ่านกัลวานอมิเตอร์ ($I_G \neq 0$) ดังรูป



รูป วงจรวีตสโตนบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

จากรูปเมื่อวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลจะได้ กระแส $I_G \neq 0$ ซึ่งเป็นผลให้ $V_{R1} \neq V_{R3}$ และ $V_{R2} \neq V_{R4}$

$V_{R1} \neq V_{R3}$

แทนค่า V_{R1} และ V_{R3} $I_1 R_1 \neq I_2 R_3$ ..... (6.4)

และ $V_{R2} \neq V_{R4}$

แทนค่า V_{R2} และ V_{R4} $I_1 R_2 \neq I_2 R_4$ ..... (6.5)

นำสมการที่ (6.4) หารด้วยสมการที่ (6.5) จะได้

$$\frac{I_1R_1}{I_1R_2} \neq \frac{I_2R_3}{I_2R_4}$$

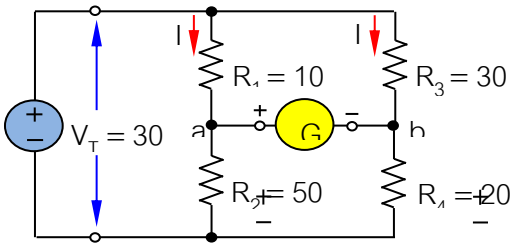
$$\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{R_4} \qquad \text{..... (6.6)}$$

6.6 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงคำนวณหา

ก. อัตราส่วนของค่าความต้านทาน

ข. กระแส I_1 และ I_2



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ก. อัตราส่วนของค่าความต้านทาน

จากรูปที่ 6.6 จะได้ $\frac{R_1}{R_2} = \frac{10\,\Omega}{50\,\Omega} = \frac{1}{5}$

และ $\frac{R_3}{R_4} = \frac{30\,\Omega}{20\,\Omega} = \frac{3}{2}$

เมื่อเทียบอัตราส่วน จะได้ $\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{R_4} = \frac{1}{5} \neq \frac{3}{2}$

อัตราส่วนของค่าความต้านทานไม่เท่ากันดังนั้นวงจรบริดจ์อยู่ในสภาวะไม่สมดุล **ตอบ**

ข. กระแส I_1 และ I_2

โดย $I_1 = \frac{V_T}{R_1 + R_2}$

แทนค่า $= \frac{30\,V}{10\,\Omega + 50\,\Omega}$

$I_1 = 0.5\ A$

และ $I_2 = \frac{V_T}{R_3 + R_4}$

แทนค่า $= \frac{30\,V}{30\,\Omega + 20\,\Omega}$

$I_2 = 0.6\ A$

กระแส I_1 มีค่าเท่ากับ 0.5 A **ตอบ**

กระแส I_2 มีค่าเท่ากับ 0.6 A **ตอบ**

ความต่างศักย์ที่จุด a–b มีค่าเท่ากับ 13 V **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของวงจรบริดจ์	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของวงจรบริดจ์1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 6	2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 6
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 6		
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องวงจรบริดจ์ โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับวงจรบริดจ์	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ 6
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 6
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 6
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 6	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 6	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 6	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 6	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 6 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรบริดจ์ แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 6
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 6

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับวงจรบริดจ์

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของวงจรบริดจ์ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง วงจรบริดจ์
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 6
4. ใบมอบหมายงานที่ 6

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 6 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 6 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 6 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **6** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **วงจรบริดจ์**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน วงจรบริดจ์

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าความต้านทาน วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	บทเรียนที่ **7**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **10**
	ชื่อบทเรียน **ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

7.1 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ การประจุและค่าความจุไฟฟ้า

7.2 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุ

7.3 การต่อตัวเก็บประจุ

7.4 โครงสร้างของตัวเหนี่ยวนำและค่าความเหนี่ยวนำ

7.5 ความซาบซึมได้ของตัวเหนี่ยวนำ

7.6 การต่อตัวเหนี่ยวนำ

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับ RLC ในวงจรอนุกรม
2. ปฏิบัติ RLC ในวงจรอนุกรม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายอิมพีแดนซ์และเขียนอิมพีแดนซ์ไดอะแกรมของวงจร RLC อนุกรมได้

2. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจร RLC อนุกรม และเขียนรูปคลื่น สมการชั่วขณะ สมการเฟสเซอร์ของวงจร RLC อนุกรมได้

3. มีความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ

4. ประยุกต์ใช้กฎ วิธี และทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับ RLC ในวงจรอนุกรม ด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

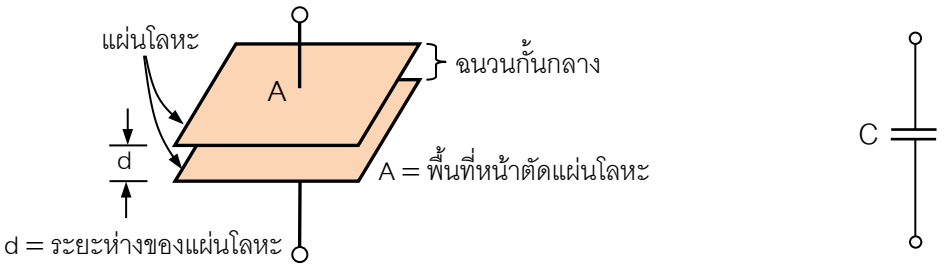
สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1 .บอกลักษณะของวงจรบริดจ์ได้ 2. อธิบายการทำงานของวงจรวีตสโตนบริดจ์ได้ 3. อธิบายวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลได้ 5. อธิบายวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้ 6. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุลได้	1. ต่อวงจรตัวเก็บประจุและวัดค่าความจุไฟฟ้า 2. ต่อวงจรตัวเหนี่ยวนำและวัดค่าความเหนี่ยวนำ	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม

เนื้อหาสาระ

7.1 โครงสร้างของตัวเก็บประจุ การประจุและค่าความจุไฟฟ้า

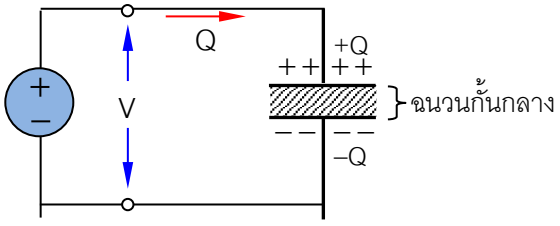
โครงสร้างของตัวเก็บประจุอย่างง่ายนั้นประกอบด้วยแผ่นตัวนำโลหะ 2 แผ่นวางขนานกัน ดังรูปโดยแผ่นโลหะทั้งสองแยกกันโดยมีช่องว่างระหว่างตัวนำทั้งสอง เรียกว่าฉนวน หรือตัวกลาง ซึ่งฉนวนที่กั้นกลางเหล่านี้ได้แก่ สารจำพวก กระดาษ ไมกา กระเบื้อง เซรามิก น้ำยาอิเล็กโทรไลต์ และอากาศ เป็นต้น



(ก) แบบแผ่นโลหะวางขนานกัน (ข) สัญลักษณ์

รูป ตัวเก็บประจุอย่างง่ายและสัญลักษณ์

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับตัวเก็บประจุ ประจุไฟฟ้า (Q) จากแหล่งจ่ายเริ่มเข้าไปสะสมบนแผ่นโลหะทั้งสองของตัวเก็บประจุ เมื่อแผ่นโลหะทั้งสองสะสมประจุไว้จนเต็มโดยจำนวนประจุบนแผ่นบวก (+Q) เท่ากับจำนวนประจุบนแผ่นลบ (–Q) โดยประจุไฟฟ้าไม่สามารถจะข้ามแผ่นโลหะจากแผ่นหนึ่งไปยังอีก แผ่นหนึ่งได้เพราะว่ามีฉนวนกั้นกลาง จากการเก็บสะสมประจุของตัวเก็บประจุ เรียกว่า **การประจุ** (Charge)



รูป แสดงประจุไฟฟ้าบนแผ่นโลหะเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า

จากรูปจำนวนของประจุไฟฟ้าที่สะสมไว้ที่แผ่นโลหะทั้งสองนั้นจะขึ้นอยู่กับแรงไฟฟ้าที่จ่ายให้กับตัวเก็บประจุ โดยจำนวนประจุไฟฟ้าแปรผันตรง ($\propto$) กับแรงดันไฟฟ้า นั่นคือ

$$Q \propto V$$

ดังนั้น $$Q = CV \quad \text{..... (7.1)}$$

และจะได้ค่า $$C = \frac{Q}{V} \quad \text{..... (7.2)}$$

จากสมการที่ (7.2) เรียกค่า C นี้ว่า **ความจุไฟฟ้า** (Capacitance) ของตัวเก็บประจุ ซึ่งนิยามว่า ค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุ คือ จำนวนประจุที่สะสมไว้บนแต่ละแผ่นของตัวเก็บประจุต่อหนึ่งบทเรียนแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ โดยบทเรียนของความจุไฟฟ้าก็คือ ฟารัด (Farad หรือ F) เพื่อเป็นเกียรติให้กับ ไมเคิล ฟาราเดย์ (Michael Faraday)

7.2 ค่าคงที่ไดอิเล็กทริกของตัวเก็บประจุ

จากรูปที่ 7.1 (ก) ฉนวนที่กั้นกลางระหว่างแผ่นโลหะทั้งสองมีคุณสมบัติที่จะสามารถให้ตัวเก็บประจุมีความจุไฟฟ้ามากหรือน้อยที่ต่างกันออกไปตามชนิดของฉนวนที่กั้นกลาง เรียกค่านี้ว่า **ค่าคงที่ไดอิเล็กทริก** (Dielectric constant) หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า **สภาพยอม** (Permittivity) (วิชาญ ก่องตาวงษ์, 2537:209) โดยค่านี้มีสมการดังนี้

$$\varepsilon = \varepsilon_o \varepsilon_r \quad \text{..... (7.3)}$$

โดยค่า ε_r ของสารต่างชนิดกันจะมีค่าแตกต่างกัน เช่น ไมกามีค่า 5.4 แก้วมีค่า 7.5 และเซรามิกบางชนิด มีค่า 7,500 เป็นต้น นอกจากค่าความจุไฟฟ้าจะขึ้นอยู่กับ ε ยังขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของแผ่นโลหะ (A) และระยะห่างของแผ่นโลหะทั้งสอง (d) โดยค่าความจุไฟฟ้ามีสมการ ดังนี้

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad \text{..... (7.4)}$$

ตัวอย่าง จงคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้าของตัวเก็บประจุดังต่อไปนี้

(ก) แผ่นโลหะมีพื้นที่หน้าตัด 8 cm^2 วางห่างกัน 0.25 cm และใช้อากาศเป็นฉนวน

(ข) แผ่นโลหะมีพื้นที่หน้าตัด 12 cm^2 วางห่างกัน 0.08 cm และใช้สารไดอิเล็กทริกเป็นเซรามิก

วิธีทำ

(ก) โจทย์กำหนดให้ $A = 8\ cm^2 = 8 \times 10^{-4}\ m^2$, $d = 0.25\ cm = 0.0025\ m$

และ $\varepsilon = \varepsilon_o = 8.85 \times 10^{-12}$

จากสูตร $$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

แทนค่า $$C = 8.85 \times 10^{-12} \times \left(\frac{8 \times 10^{-4}}{0.0025}\right)$$

$$= \frac{70.8 \times 10^{-16}}{0.0025}$$

$$= 2.83 \times 10^{-12}\ F$$

$$C = 2.83 \text{ pF}$$

ค่าความจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 2.83 pF **ตอบ**

(ข) โจทย์กำหนดให้ $A = 12 \text{ cm}^2 = 12\times10^{-4} \text{ m}^2$, $d = 0.08 \text{ cm} = 0.0008 \text{ m}$ และ $\varepsilon_r = 7{,}500$

จากสูตร $C = \varepsilon\frac{A}{d}$

และ $\varepsilon = \varepsilon_o\varepsilon_r$

แทนค่า $C = (8.85\times10^{-12}\times7{,}500)\times\left(\frac{12\times10^{-4}}{0.0008}\right)$

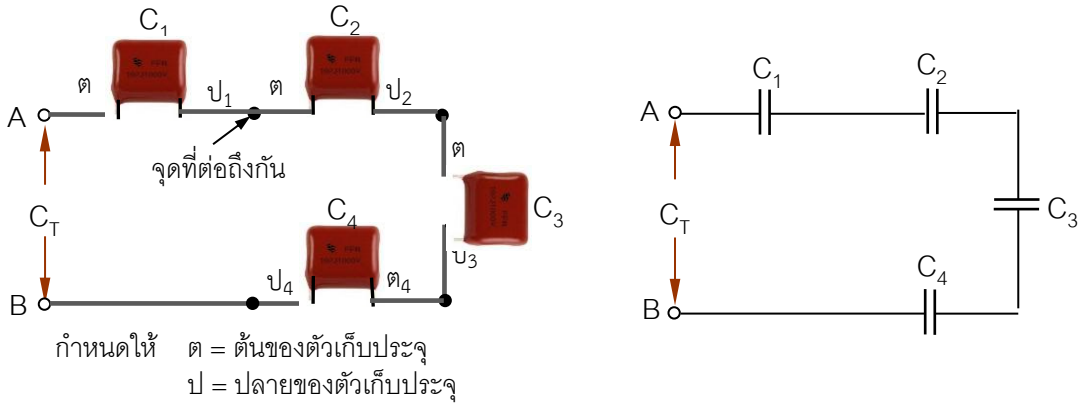
$$= \frac{7.965\times10^{-11}}{0.0008} = 99.56\times10^{-9} \text{ F}$$

$$C = 99.56 \text{ nF}$$

ค่าความจุไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 99.56 nF **ตอบ**

7.3 การต่อตัวเก็บประจุ

7.3.1 การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม คือ การนำตัวเก็บประจุตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำปลายของตัวเก็บประจุอีกตัวหนึ่งมาต่อเข้ากับต้นของตัวเก็บประจุอีกตัวหนึ่งเรียงลำดับกันไปเรื่อย ๆ ดังรูป

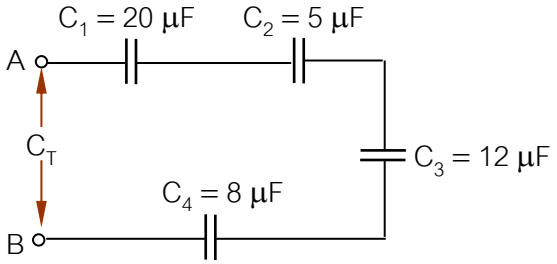


รูป การต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม

โดยค่าความจุไฟฟ้ารวมที่ต่อแบบอนุกรมของตัวเก็บประจุหาได้ ดังนี้

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4} \qquad \text{..... (7.5)}$$

ตัวอย่าง วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้ารวม



รูปที่ 7.4 วงจรของตัวอย่างที่ 7.3

วิธีทำ

จากสูตร $C_T = \dfrac{1}{\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\frac{1}{C_4}\right)}$

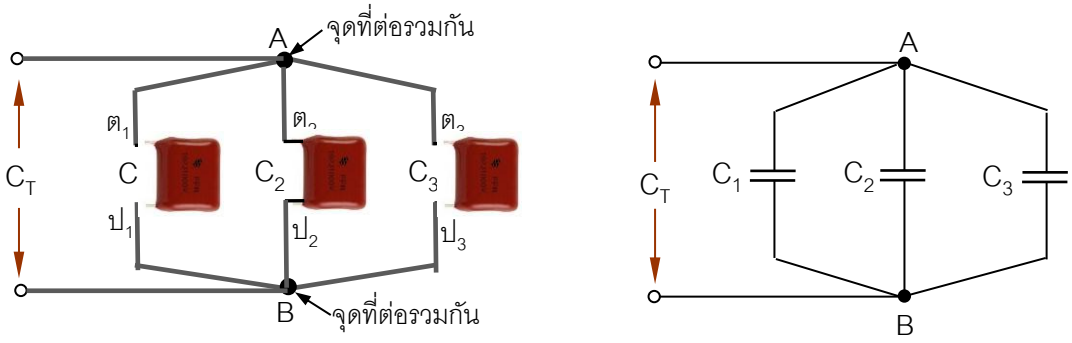
แทนค่า $= \dfrac{1}{\left(\frac{1}{20\mu F}+\frac{1}{5\mu F}+\frac{1}{12\mu F}+\frac{1}{8\mu F}\right)}$

$= \dfrac{1}{(0.05+0.2+0.0833+0.125)} = \dfrac{1}{0.4583}$

$C_T = 2.18\ \mu F$

ค่าความจุไฟฟ้ารวมมีค่าเท่ากับ 2.18 μF **ตอบ**

7.3.2 การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน คือ การนำตัวเก็บประจุตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำต้นของตัวเก็บประจุแต่ละตัวมาต่อรวมกัน และนำปลายของตัวเก็บประจุแต่ละตัวรวมกัน ดังรูป



(ก) แสดงการต่อวงจรในรูปแบบของจริง (ข) แสดงการต่อวงจรในรูปแบบของสัญลักษณ์

รูป การต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน

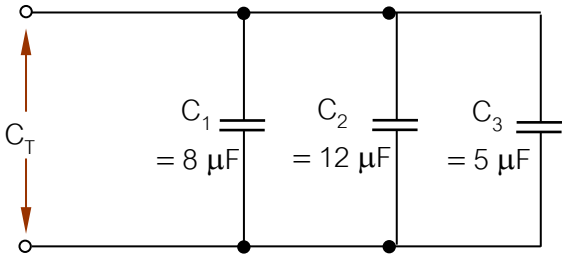
โดยค่าความจุไฟฟ้ารวมที่ต่อแบบขนานของตัวเก็บประจุหาได้ ดังนี้

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

ถ้าตัวเก็บประจุต่อขนานกันถึงตัวที่ n จะได้

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + ... + C_n \qquad \text{..... (7.7)}$$

ตัวอย่าง วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้ารวม



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

จากสูตร $C_T = C_1 + C_2 + C_3$

แทนค่า $= 8\,\mu F + 12\,\mu F + 5\,\mu F$

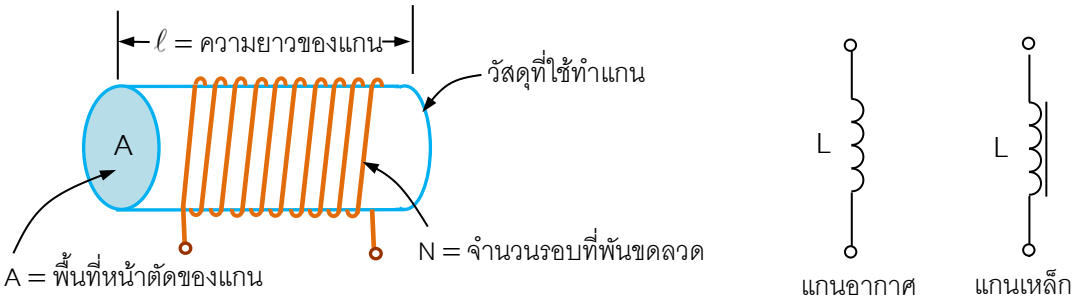
$C_T = 25\,\mu F$

ค่าความจุไฟฟ้ารวมมีค่าเท่ากับ 25 μF **ตอบ**

7.3.3 การต่อตัวเก็บประจุแบบผสม การต่อตัวเก็บประจุแบบผสมจะไม่มีรูปแบบที่ตายตัวแน่นอน เหมือนกับการต่อตัวเก็บประจุแบบอนุกรม หรือการต่อตัวเก็บประจุแบบขนาน ซึ่งลักษณะของการต่อวงจรตัวเก็บประจุแบบผสมจะมีความแตกต่างกันออกไป ถ้าส่วนใดที่ตัวเก็บประจุต่อแบบอนุกรมก็หาค่าความจุไฟฟ้าแบบอนุกรม และถ้าส่วนใดที่ตัวเก็บประจุต่อแบบขนานก็หาค่าความจุไฟฟ้าแบบขนาน

7.4 โครงสร้างของตัวเหนี่ยวนำและค่าความเหนี่ยวนำ

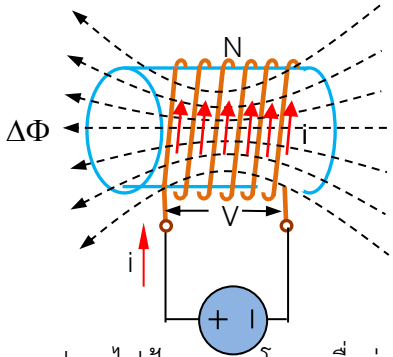
โครงสร้างของตัวเหนี่ยวนำอย่างง่ายนั้นประกอบด้วยตัวนำที่พันเป็นขดจะพันกี่รอบก็ได้บนวัสดุที่ใช้ทำแกน และขดลวดอาจจะมีแกนเป็นสารแม่เหล็ก เช่น แกนเหล็ก แกนเฟอร์ไรต์ หรือแกนที่ไม่ใช่สารแม่เหล็กก็ได้ เช่น กระดาษ พลาสติก และแกนอากาศ (ไม่มีแกน) เป็นต้น



(ก) ตัวนำที่พันเป็นขดลวดบนแกนวัสดุ (ข) สัญลักษณ์

รูป ตัวเหนี่ยวนำอย่างง่ายและสัญลักษณ์

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวเหนี่ยวนำ จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กรอบตัวนำและรอบขดลวด นั่นคือถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าจะเป็นผลให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วย ($\Delta\Phi$) และตัดกับขดลวดตัวนำ เรียกแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นนี้ว่า แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวเอง (V) นั่นหมายความว่าขดลวดตัวนำใด ๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้าทำให้เกิด **ค่าความเหนี่ยวนำ** (Inductance)



รูป แสดงประจุไฟฟ้าบนแผ่นโลหะเมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้า

จากการเปลี่ยนแปลงของเส้นแรงแม่เหล็กต่อการเปลี่ยนแปลงของเวลา (Δt) ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ตามกฎของฟาราเดย์ ตามสมการ

$$V = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \qquad \text{..... (7.8)}$$

$$\Phi = \frac{Fm}{\Re} = \frac{Ni}{\Re}$$

$$V = N\frac{\Delta}{\Delta t}\left(\frac{Ni}{\Re}\right) = \left(\frac{N^2}{\Re}\right)\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

โดยค่า $\frac{N^2}{\Re}$ จะเป็นค่าคงที่ของตัวเหนี่ยวนำ เรียกว่า ความเหนี่ยวนำ โดยใช้อักษรตัว L ดังนั้น

ดังนั้น $$V = L\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

และจะได้ค่า $$L = \frac{V}{(\Delta i/\Delta t)} \qquad \text{..... (7.9)}$$

จากสมการที่ (7.9) เรียกค่า L นี้ว่า **ความเหนี่ยวนำ** (Inductance) ของตัวเหนี่ยวนำ ซึ่งนิยามว่า ค่าความเหนี่ยวนำ คือ อัตราการเปลี่ยนแปลงของกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์/วินาที ผลทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวดนั้น 1 โวลต์ โดยบทเรียนของความเหนี่ยวนำก็คือ เฮนรี (Henry หรือ H) เพื่อเป็นเกียรติให้กับ โจเซฟ เฮนรี (Joseph Henry)

7.5 ความซาบซึมได้ของตัวเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 7.9 (ก) ตัวนำที่พันเป็นขดลวดบนวัสดุที่ใช้ทำแกนจะให้คุณสมบัติที่ให้ตัวเหนี่ยวนำมีค่าความเหนี่ยวนำมากหรือน้อยที่ต่างกันออกไปตามชนิดของแกน เรียกค่านี้ว่า **ความซาบซึมได้** (Permeability) ซึ่งความซาบซึมได้ เป็นคุณสมบัติของตัวกลางที่ยินยอมให้เส้นแรงแม่เหล็กผ่านไปได้มากหรือน้อยนั่นเอง โดยค่านี้มีสมการ ดังนี้

$$\mu = \mu_o\mu_r \qquad \text{..... (7.10)}$$

เมื่อ μ = ความซาบซึมได้ (μ อ่านว่า มิว)

μ_o = ความซาบซึมได้ของอากาศ (มีค่าเท่ากับ $4\pi\times10^{-7}$ H/m)

μ_r = ความซาบซึมได้สัมพัทธ์ของวัสดุที่ใช้ทำแกน

โดยค่า μ_r ของสารต่างชนิดกันจะมีค่าแตกต่างกัน นอกจากค่าความเหนี่ยวนำจะขึ้นอยู่กับ μยังขึ้นกับพื้นที่หน้าตัดของแกน (A) ความยาวของแกน (ℓ) และจำนวนรอบที่พันของขดลวด (N) โดยค่าความเหนี่ยวนำมีสมการ ดังนี้

$$L = \frac{\mu N^2 A}{\ell} \qquad \text{..... (7.11)}$$

ตัวอย่าง จงคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำของตัวเหนี่ยวนำดังต่อไปนี้

(ก) เป็นแกนอากาศมีพื้นที่หน้าตัด 12 cm^2 ความยาว 8 cm มีจำนวนรอบของขดลวด 400 รอบ

(ข) เป็นแกนเหล็กหล่อมีความซาบซึมได้สัมพัทธ์ 2000 พื้นที่หน้าตัด 25 cm^2 ความยาวของแกน 8 cm และจำนวนรอบของขดลวด 160 รอบ

วิธีทำ

(ก) โจทย์กำหนดให้ $A = 12\ cm^2 = 12\times10^{-4}\ m^2$, $\ell = 8\ cm = 0.08\ m$, $\mu_o = 4\pi\times10^{-7}$, $N = 400$

จากสูตร $L = \dfrac{\mu_o N^2 A}{\ell}$

แทนค่า $L = \dfrac{4\pi\times10^{-7}\times(400)^2\times12\times10^{-4}}{0.08}$

$= \dfrac{2.411\times10^{-4}}{0.08} = 3.014\times10^{-3}\ H$

ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 3.014 mH **ตอบ**

(ข) โจทย์กำหนดให้ $A = 25\times10^{-4}\ m^2$, $\ell = 0.08\ m$, $\mu_r = 2{,}000$ และ $N = 160$

จากสูตร $L = \dfrac{\mu N^2 A}{\ell}$

และ $\mu = \mu_o\mu_r$

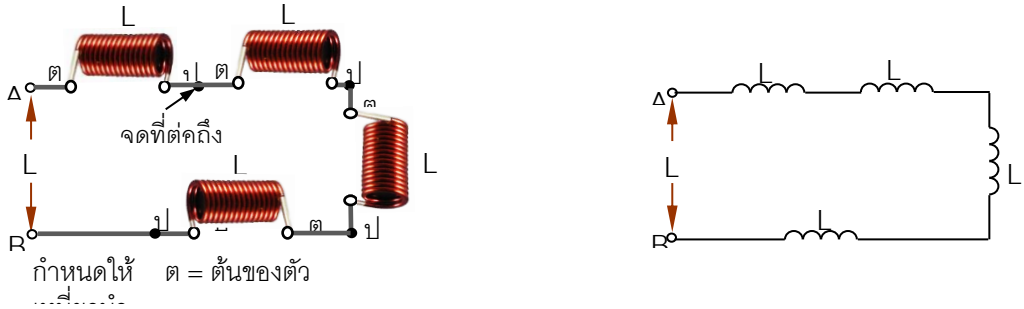
แทนค่า $L = \dfrac{4\pi\times10^{-7}\times2{,}000\times(160)^2\times25\times10^{-4}}{0.08}$

$= \dfrac{0.16}{0.08} = 2\ H$

ค่าความเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับ 2 H **ตอบ**

7.6 การต่อตัวเหนี่ยวนำ

7.6.1 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรม คือ การนำตัวเหนี่ยวนำตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำปลายของตัวเหนี่ยวนำอีกตัวหนึ่งมาต่อเข้ากับต้นของตัวเหนี่ยวนำอีกตัวหนึ่งเรียงลำดับกันไปเรื่อย ๆ



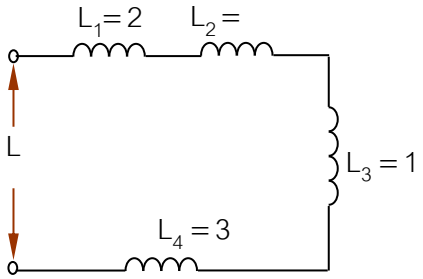
(ก) แสดงการต่อวงจรในรูปแบบของจริง (ข) แสดงการต่อวงจรในรูปแบบของสัญลักษณ์

รูป การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรม

จากรูป โดยนำปลายของ L_1 มาต่อเข้ากับต้นของ L_2 นำปลายของ L_2 มาต่อเข้ากับต้นของ L_3 และนำปลายของ L_3 มาต่อเข้ากับต้นของ L_4 ซึ่งเหลือต้นกับปลาย 2 จุด คือจุด A กับจุด B ซึ่งผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าเพิ่มขึ้น โดยค่าความเหนี่ยวนำรวมที่ต่อแบบอนุกรมของตัวเหนี่ยวนำหาได้ ดังนี้

$$L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

ตัวอย่าง วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าความเหนี่ยวนำรวม



รูป วงจรของตัวอย่าง

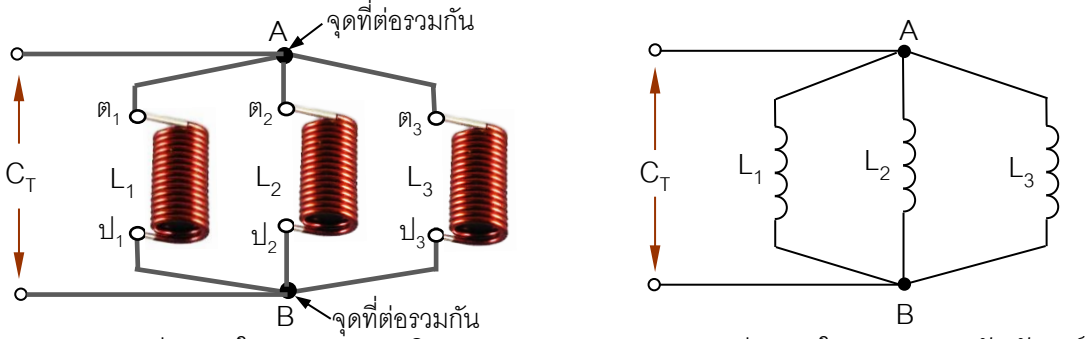
วิธีทำ

จากสูตร $L_T = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 2H + 0.5H + 1H + 3H$

$L_T = 6.5H$

ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าเท่ากับ 6.5 H **ตอบ**

7.4.2 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน คือ การนำตัวเหนี่ยวนำตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อกันโดยการนำต้นของตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัวมาต่อรวมกัน และนำปลายของตัวเหนี่ยวนำแต่ละตัวรวมกัน



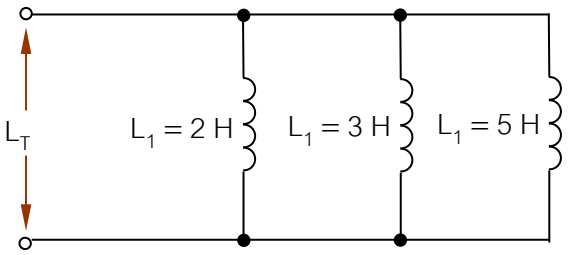
(ก) แสดงการต่อวงจรในรูปแบบของจริง (ข) แสดงการต่อวงจรในรูปแบบของสัญลักษณ์

รูปที่ 7.13 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน

จากรูป โดยนำต้นของ L_1, L_2 และ L_3 มารวมกันกำหนดให้เป็นจุด A และนำปลายของ L_1, L_2 และ L_3 มารวมกันกำหนดให้เป็นจุด B การต่อในรูปแบบของสัญลักษณ์ดังรูปที่ 7.13 (ข) ซึ่งผลทำให้ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าเพิ่มลดลง โดยค่าความจุไฟฟ้ารวมที่ต่อแบบขนานของตัวเหนี่ยวนำหาได้ ดังนี้

$$\frac{1}{L_T} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} \qquad \text{..... (7.13)}$$

ตัวอย่าง วงจรดังรูป จงคำนวณหาค่าความจุไฟฟ้ารวมรวม



รูป วงจรของตัวอย่าง

จากสูตร $L_T = \frac{1}{\left(\frac{1}{L_1}+\frac{1}{L_2}+\frac{1}{L_3}\right)} = \frac{1}{\left(\frac{1}{2H}+\frac{1}{3H}+\frac{1}{5H}\right)}$

$= \frac{1}{(0.5+0.333+0.2)} = \frac{1}{1.033} = 0.968$ H

ค่าความเหนี่ยวนำรวมมีค่าเท่ากับ 0.968 H **ตอบ**

7.4.3 การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบผสม การต่อตัวเหนี่ยวนำแบบผสมจะไม่มีรูปแบบที่ตายตัวแน่นอน เหมือนกับการต่อตัวเหนี่ยวนำแบบอนุกรม หรือการต่อตัวเหนี่ยวนำแบบขนาน ซึ่งลักษณะของการต่อวงจรตัวเหนี่ยวนำแบบผสมจะมีความแตกต่างกันออกไป ถ้าส่วนใดที่ตัวเหนี่ยวนำต่อแบบอนุกรมก็หาค่าความเหนี่ยวนำแบบอนุกรม และถ้าส่วนใดที่ตัวเหนี่ยวนำต่อแบบขนานก็หาค่าความเหนี่ยวนำแบบขนาน

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 7
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 7	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 7	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 2. คำถามบทเรียนที่ 7
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับวงจรบริดจ์	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบททึกย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 7
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 7
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 7	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 7	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 7	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 7	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 7 จำนวน 20 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 7
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 7

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 7
4. ใบมอบหมายงานที่ 7

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 7 จำนวน 20 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 7 จำนวน 20 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 7 จำนวน 20 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **7** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน ตัวเก็บประจุและตัวเหนี่ยวนำ

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าความจุไฟฟ้า วัดค่าความเหนี่ยวนำ	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8	บทเรียนที่ **8**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **11**
	ชื่อบทเรียน **กฎของเคอร์ชอฟฟ์**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

8.1 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

8.2 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

8.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

8.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
3. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. อธิบายกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้
2. อธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้
3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้
4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้
5. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
6. ตัดสินใจเลือกใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลองตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับกฎของเคอร์ชอฟฟ์ ทักษะการต่อวงจร การวัดแรงดันไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟฟ้าด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. อธิบายกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ 2. อธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ 3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ได้	1. ต่อวงจรต่อและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรต่อและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

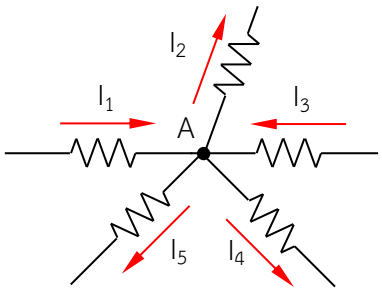
เนื้อหาสาระ

8.1 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ให้นิยามไว้ว่า

> ณ จุดใด ๆ ของวงจรไฟฟ้า ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ หรือผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลเข้าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออก

สามารถอธิบายกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ดังรูปที่จุด A เป็นจุดต่อร่วมซึ่งมีกระแส I_1 และ I_3 เป็นกระแสไฟฟ้าไหลเข้า โดย I_2, I_4 และ I_5 เป็นกระแสไฟฟ้าไหลออก



รูป แสดงทิศทางของกระแสที่จุด A

จากรูป ที่จุด A เป็นจุดต่อของวงจรโดยมีกระแส I_1 และ I_3 เป็นกระแสไหลเข้า ส่วนกระแส I_2 I_4 และ I_5 เป็นกระแสไหลออก จะได้ว่า

ผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลเข้า = ผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออก

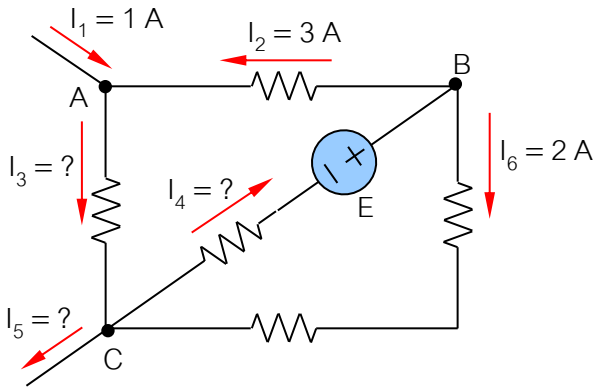
$$I_1 + I_3 = I_2 + I_4 + I_5$$

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

$$\Sigma I = 0$$

สรุปได้ว่า **ณ จุดใด ๆ ของวงจรไฟฟ้า ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์**

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าของกระแส I_3, I_4 และ I_5



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ที่จุด A กระแส I_1 และ I_2 เป็นกระแสไหลเข้า ส่วน I_3 เป็นกระแสไหลออก จะได้ว่าผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออกเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลเข้า

โดย $I_3 = I_1 + I_2$

แทนค่า $= 1A + 3A$

$I_3 = 4\ A$

กระแส I_3 มีค่าเท่ากับ 4 A **ตอบ**

ที่จุด B กระแส I_4 เป็นกระแสไหลเข้า ส่วน I_2 และ I_6 เป็นกระแสไหลออก จะได้ว่าผลรวมของกระแส ไฟฟ้าไหลเข้าเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออก

โดย $I_4 = I_2 + I_6$

แทนค่า $= 2A + 3A = 5\ A$

กระแส I_4 มีค่าเท่ากับ 5 A **ตอบ**

ที่จุด C กระแส I_3 และ I_6 เป็นกระแสไหลเข้า ส่วน I_4 และ I_5 เป็นกระแสไหลออก จะได้ว่าผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออกเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลเข้า

โดย $I_4 + I_5 = I_3 + I_6$

ดังนั้น $I_5 = I_3 + I_6 - I_4$

แทนค่า $= (4A + 2A) - 5A = 1\ A$

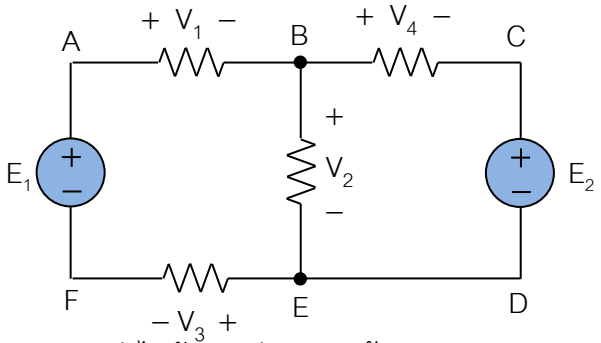
กระแส I_5 มีค่าเท่ากับ 1 A **ตอบ**

8.2 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ให้นิยามไว้ว่า

> ในวงจรรอบปิดไฟฟ้าใด ๆ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์

สามารถอธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ดังรูป



รูป แสดงแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมความต้านทานและ 3 วงจรรอบปิด

จากรูปมีด้วยกัน 3 วงรอบปิด ซึ่งในแต่ละวงรอบปิดสามารถสามารถอธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์และเขียนสมการโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ได้ดังนี้

ที่วงรอบปิด ABEFA จะได้แรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$V_1 + V_2 + V_3 = E_1$$

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

$$\sum V = 0$$

ที่วงรอบปิด BCDEB จะได้แรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$V_4 + E_2 = V_2$$

$$V_4 + E_2 - V_2 = 0$$

$$\sum V = 0$$

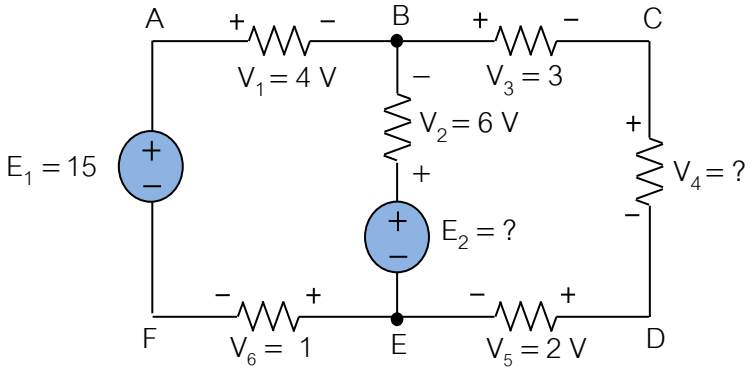
ที่วงรอบปิด ABCDEFA จะได้แรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$V_1 + V_4 + E_2 + V_3 = E_1$$

$$V_1 + V_4 + E_2 + V_3 - E_1 = 0$$

$$\sum V = 0$$

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าของแรงดันไฟฟ้า E_2 และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_4



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ

ที่วงรอบปิด ABEFA มีแรงดัน V_1, V_2, E_2, V_6 และ E_1 จะได้

$$V_1 - V_2 + E_2 + V_6 - E_1 = 0$$

แทนค่า $4\,V - 6\,V + E_2 + 1V - 15\,V = 0$

หาค่า E_2 $\quad -21V + E_2 + 5\,V = 0$

ดังนั้น $\quad E_2 = 21V - 5\,V = 16\ V$

แรงดันไฟฟ้า E_2 มีค่าเท่ากับ 16 V **ตอบ**

ที่วงรอบปิด BCDEB มีแรงดัน V_3, V_4, V_5, E_2 และ V_2 จะได้

$$+V_3 + V_4 + V_5 - E_2 + V_2 = 0$$

แทนค่า $3\,V + V_4 + 2V - 16\,V + 6\,V = 0$

หาค่า V_4 $\quad -16\,V + V_4 + 11V = 0$

ดังนั้น $\quad V_4 = 16\,V - 11V$

$$V_4 = 5\ V$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม V_4 มีค่าเท่ากับ 5 V **ตอบ**

8.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

ในการวิเคราะห์เกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าจะต้องนำกฎกระแสไฟฟ้าและกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์มาใช้ทั้ง 2 กฎ ซึ่งมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. สมมติตัวแปรกระแส (I_1, I_2, I_3,... I_n) และทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ครบทุกสาขาของวงจรโดยใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

2. กำหนดศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวโดยพิจารณาดังนี้

   2.1 ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทานจะกำหนดให้เป็นศักย์บวก (+)

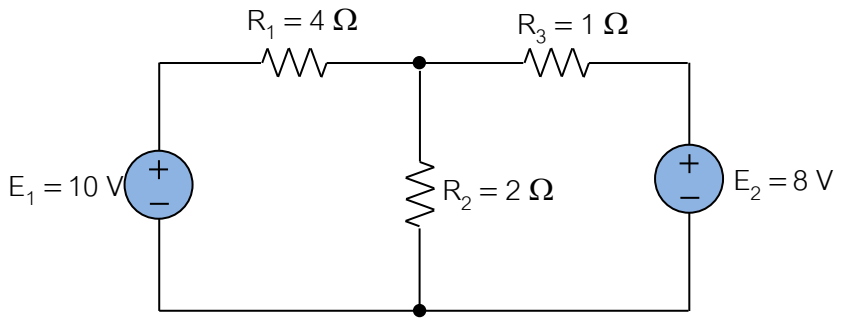
2.2 ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลออกตัวต้านทานจะกำหนดให้เป็นศักย์ลบ (–)

3. เขียนสมการโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

4. แก้สมการหาค่าตัวแปร ถ้าเครื่องหมายออกมาเป็นลบแสดงว่าทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่สมมติขึ้นมีทิศทางตรงข้ามหรือสวนทางกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรที่แท้จริง

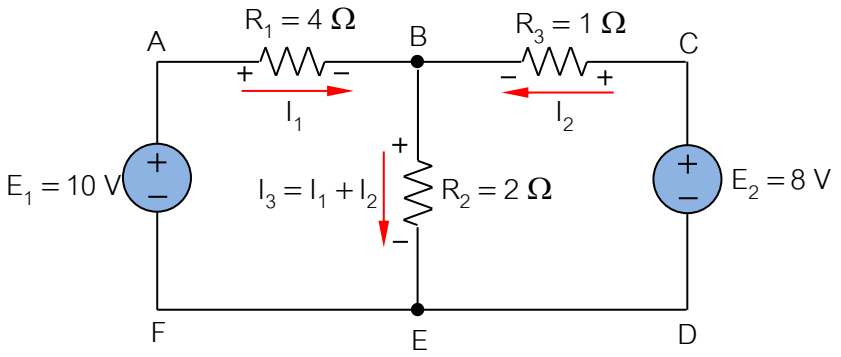
8.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ สมมติตัวแปรกระแสไฟฟ้าและกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ครบทุกสาขา พร้อมกำหนดศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทานดังรูป



รูป แสดงการกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาและศักย์ที่ตกคร่อมตัวต้านทาน

ที่จุด B กระแส I_1 และ I_2 เป็นกระแสไหลเข้า ส่วน I_3 เป็นกระแสไหลออก จะได้

$$I_3 = I_1 + I_2$$

ที่วงรอบปิด ABEFA จะมีแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ และเขียนสมการโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$+V_{R1} + V_{R2} - E_1 = 0$$

$$+R_1 I_1 + R_2 (I_1 + I_2) - E_1 = 0$$

แทนค่า R_1 และ R_2 $\quad 4I_1 + 2(I_1 + I_2) - 10 = 0$

จัดสมการใหม่ $\quad 6I_1 + 2I_2 = 10 \quad$ ..... (1)

ที่วงรอบปิด BCDEB จะมีแรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ และเขียนสมการโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$-V_{R3} + E_2 - V_{R2} = 0$$

$$-R_3 I_2 + E_2 - R_2 (I_1 + I_2) = 0$$

แทนค่า R_3 และ R_2 $\quad -1I_2 + 8 - 2(I_1 + I_2) = 0$

จัดสมการใหม่ $\quad -2I_1 - 3I_2 = -8 \quad$ ..... (2)

นำค่าสัมประสิทธิ์ ตัวแปร และค่าคงที่ของสมการที่ (1) และสมการที่ (2) เขียนอยู่ในรูปสมการของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 6 & 2 \\ -2 & -3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ -8 \end{bmatrix}$$

หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\det = \begin{vmatrix} 6 & 2 \\ -2 & -3 \end{vmatrix} = -18 + 4 = -14$$

หาค่ากระแส I_1 และ I_2 ได้ตามลำดับดังนี้

หาค่ากระแส I_1 โดย $\quad I_1 = \dfrac{\begin{vmatrix} 10 & 2 \\ -8 & -3 \end{vmatrix}}{\det} = \dfrac{-30 + 16}{-14} = \dfrac{-14}{-14} = 1 \text{ A}$

หาค่ากระแส I_2 โดย $\quad I_2 = \dfrac{\begin{vmatrix} 6 & 10 \\ -2 & -8 \end{vmatrix}}{\det} = \dfrac{-48 + 20}{-14} = \dfrac{-28}{-14} = 2 \text{ A}$

จะเห็นว่าตัวแปร I_1 และ I_2 มีเครื่องหมายเป็นบวก แสดงว่าทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่สมมติขึ้นมีทิศทางเดียวกันกับกระแสไฟฟ้าที่แท้จริงของวงจร ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1$ มีค่าเท่ากับ 1 A **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_1 + I_2 = 1 + 2$ มีค่าเท่ากับ 3 A **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2$ มีค่าเท่ากับ 2 A **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 8
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของกฎของเคอร์ชอฟฟ์	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของกฎของเคอร์ชอฟฟ์	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 8	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 8	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องกฎของเคอร์ชอฟฟ์ โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 2. คำถามบทเรียนที่ 8
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับกฎของเคอร์ชอฟฟ์	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 8
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 8
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 8	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 8	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 8	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 8	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 8 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎของเคอร์ชอฟฟ์ แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 8
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 8

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับกฎของเคอร์ชอฟฟ์

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของกฎของเคอร์ชอฟฟ์ ที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง กฎของเคอร์ชอฟฟ์
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 8
4. ใบมอบหมายงานที่ 8

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 8 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 8 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 8 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **8** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **กฎของเคอร์ชอฟฟ์**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน กฎของเคอร์ชอฟฟ์

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9	บทเรียนที่ **9**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **12**
	ชื่อบทเรียน **วิธีกระแสเมชและกระแสลูป**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

9.1 ความหมายของเมชและลูป

9.2 วิธีการเลือกสมมติกระแสเมชและกระแสลูป

9.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีกระแสเมชและกระแสลูป

9.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีกระแสเมชและกระแสลูป

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวิธีกระแสเมช
2. แสดงความรู้เกี่ยวกับวิธีกระแสลูป
3. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกความหมายของเมชและลูปได้
2. อธิบายวิธีการเลือกสมมติกระแสเมชและกระแสลูปได้
3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีกระแสเมชและกระแสลูปได้
4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีกระแสเมชและกระแสลูปได้
5. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
6. ตัดสินใจเลือกใช้วิธีกระแสเมชและกระแสลูป ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับวิธีกระแสเมชและกระแสลูป และทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า การวัดแรงดันไฟฟ้าและการวัดกระแสไฟฟ้าจากการทดลองด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกความหมายของเมชและลูปได้ 2. อธิบายวิธีการเลือกสมมติกระแสเมชและกระแสลูปได้ 3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีกระแสเมชและกระแสลูปได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีกระแสเมชและกระแสลูปได้	1. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

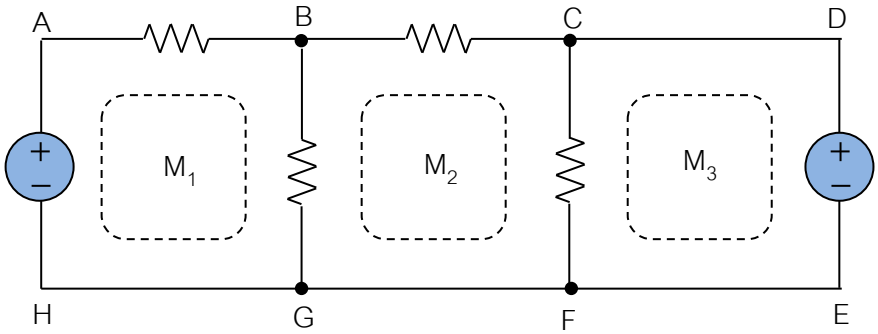
เนื้อหาสาระ

9.1 ความหมายของเมชและลูป

เมช หมายถึง วงจรรอบปิดใด ๆ ในวงจรที่เป็นอิสระไม่สามารถแบ่งย่อยได้อีก

ลูป หมายถึง วงจรรอบปิดใด ๆ ในวงจรไฟฟ้า

ซึ่งจากความหมายทั้งเมชและลูปสามารถพิจารณาได้ดังรูป



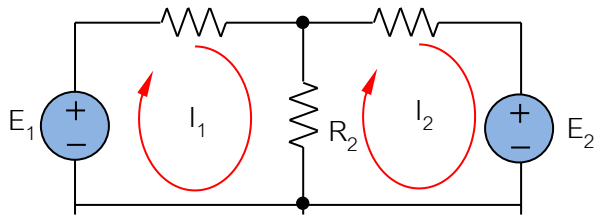
รูป แสดงเมชในแต่ละวงรอบปิด

จากรูป ประกอบด้วย 3 เมช คือ เมช M_1ที่อยู่ในวงจรรอบปิด ABGHA เมช M_2 ที่อยู่ในวงจรรอบปิด BCFGB และเมช M_3 ที่อยู่ในวงจรรอบปิด CDEFC และมีลูปทั้งหมด 3 ลูป คือ ABCFGHA ลูป BCDEFGB และลูป ABCDEFGHA

9.2 วิธีการเลือกสมมติกระแสเมชและกระแสลูป

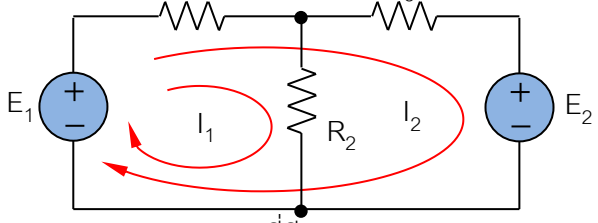
ในการแก้สมการหาค่าตัวแปรซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านในแต่ละวงรอบปิด บางวงรอบปิดอาจจะหา 1 ตัวแปร บางวงรอบปิดอาจจะหา 2 ถึง 3 ตัวแปร ดังนั้นเพื่อให้การหาค่าตัวแปรได้ง่ายและมีความรวดเร็วมากขึ้น อาจต้องเลือกสมมติกระแสเมชและกระแสลูปให้มีความเหมาะสมด้วย โดยมีวิธีการเลือกสมมติดังนี้

9.2.1 วิธีกระแสเมช วงจรดังรูปที่ 9.2 จะมีด้วยกัน 2 เมช คือ เมช I_1 และเมช I_2 ซึ่งจะวงรอบปิดไปในทิศทางใดก็ได้ แต่ในที่นี้ให้เมช I_1 และเมช I_2 วงรอบตามเข็มนาฬิกา โดยไหลผ่าน R_2 สวนทางกัน ถ้าพิจารณาที่เมช I_1 จะได้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 จะเป็น $I_1 - I_2$ และถ้าพิจารณาที่เมช I_2 จะได้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 จะเป็น $I_2 - I_1$



รูป วงจรที่มี 2 เมช

9.2.2 วิธีกระแสเมชและกระแสลูปร่วมกัน ดังวงจรรูปที่ 9.3 จะกำหนดให้เป็น 1 เมช และ 1 ลูป คือ กระแสเมช I_1 และกระแสลูป I_2 ซึ่งจะวงรอบตามเข็มนาฬิกาและไหลผ่าน R_1 ไปในทิศทางเดียวกัน ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 จะเป็น $I_1 + I_2$ R_1 R_3



รูป วงจรที่มี 1 เมชและ 1 ลูป

ที่กระแสเมช I_1 ได้แรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$R_1(I_1 + I_2) + R_2I_1 - E_1 = 0$$

$$R_1I_1 + R_1I_2 + R_2I_1 = E_1$$

ที่กระแสลูป I_2 ได้แรงดันไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของวงรอบปิดนี้ ดังนี้

$$R_1(I_2 + I_1) + R_3I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

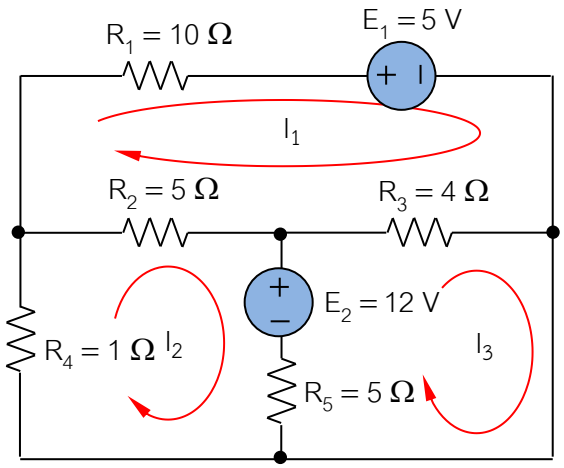
$$R_1I_2 + R_1I_1 + R_3I_2 = E_1 - E_2$$

9.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีกระแสเมชและกระแสลูป

1. สมมติตัวแปรกระแสไฟฟ้า (I_1, I_2, I_3,...I_n) และทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าให้ครบทุกรอบวงจรปิด ซึ่งจะกำหนดไปในทิศทางใดก็ได้
2. เขียนสมการแต่ละวงรอบปิดโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
3. แก้สมการหาค่าตัวแปร ถ้าเครื่องหมายออกมาเป็นลบแสดงว่าทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่สมมติขึ้นจะมีทิศทางตรงข้ามหรือสวนทางกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจรที่แท้จริง

9.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีกระแสเมชและกระแสลูป

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้ารูป จงหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1, R_2 และ R_3



รูป การสมมติตัวแปรและทิศทางกระแสเมช I_1, I_2 และกระแสเมช I_3

จากรูป เขียนสมการของกระแสไฟฟ้าในแต่ละเมชโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

ที่กระแสเมช I_1 $(R_1+R_3+R_2)I_1-R_2I_2-R_3I_3+E_1 = 0$

แทนค่า $(10+4+5)I_1-5I_2-4I_3+5 = 0$

$19I_1-5I_2-4I_3 = -5$ ..... (1)

ที่กระแสเมช I_2 $(R_2+R_5+R_4)I_2-R_2I_1-R_5I_3+E_2 = 0$

แทนค่า $(5+5+1)I_2-5I_1-5I_3+12 = 0$

$-5I_1+11I_2-5I_3 = -12$ ..... (2)

ที่กระแสเมช I_3 $(R_3+R_5)I_3-R_5I_2-R_3I_1-E_2 = 0$

แทนค่า $(4+5)I_3-5I_2-4I_1-12 = 0$

$-4I_1-5I_2+9I_3 = 12$ ..... (3)

นำค่าสัมประสิทธิ์ ตัวแปร และค่าคงที่ของสมการที่ (1) สมการที่ (2) และสมการที่ (3) เขียนอยู่ในรูปสมการของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 19 & -5 & -4 \\ -5 & 11 & -5 \\ -4 & -5 & 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ -12 \\ 12 \end{bmatrix}$$

หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\det = \begin{vmatrix} 19 & -5 & -4 \\ -5 & 11 & -5 \\ -4 & -5 & 9 \end{vmatrix} \begin{matrix} 19 & -5 \\ -5 & 11 \\ -4 & -5 \end{matrix}$$

$$\det = 1{,}881 - 100 - 100 - 176 - 475 - 225 = 805$$

หาค่ากระแส I_1, I_2 และ I_3 ได้ตามลำดับดังนี้

หาค่ากระแส I_1 โดย

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -5 & -5 & -4 \\ -12 & 11 & -5 \\ 12 & -5 & 9 \end{vmatrix} \begin{matrix} -5 & -5 \\ -12 & 11 \\ 12 & -5 \end{matrix}}{805}$$

$$= \frac{-495 + 300 - 240 + 528 + 125 - 540}{805}$$

$$I_1 = \frac{-322}{805} = -0.4 \text{ A}$$

หาค่ากระแส I_2 โดย

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 19 & -5 & -5 \\ -5 & 11 & -12 \\ -4 & -5 & 12 \end{vmatrix} \begin{matrix} 19 & -5 \\ -5 & -12 \\ -4 & 12 \end{matrix}}{805}$$

$$= \frac{-2{,}052 - 100 + 240 + 192 + 1{,}140 - 225}{805}$$

$$I_2 = \frac{-805}{805} = -1 \text{ A}$$

หาค่ากระแส I_3 โดย

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 19 & -5 & -5 \\ -5 & 11 & -12 \\ -4 & -5 & 12 \end{vmatrix} \begin{matrix} 19 & -5 \\ -5 & 11 \\ -4 & -5 \end{matrix}}{805}$$

$$= \frac{2{,}508 - 240 - 125 - 220 - 1{,}140 - 300}{805}$$

$$I_3 = \frac{483}{805} = 0.6 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1$ มีค่าเท่ากับ -0.4 A **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_1 - I_2 = -0.4 - (-1)$ มีค่าเท่ากับ 0.6 A **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_3 - I_1 = 0.6 - (-0.4)$ มีค่าเท่ากับ 1 A **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 9
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของวิธีกระแสเมชและกระแสลูป	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของวิธีกระแสเมชและกระแสลูป	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 9	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 9	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องวิธีกระแสเมชและกระแสลูปโดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 2. คำถามบทเรียนที่ 9
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับวิธีกระแสเมชและกระแสลูป	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบททึกย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 9
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 9
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 9	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 9	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 9	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 9	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 9 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎของเคอร์ชอฟฟ์ แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 9
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 9

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับวิธีกระแสเมชและกระแสลูป

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของวิธีกระแสเมชและกระแสลูปที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง วิธีกระแสเมชและกระแสลูป
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 9
4. ใบมอบหมายงานที่ 9

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 9 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 9 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 9 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **9** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **วิธีกระแสเมชและกระแสลูป**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน วิธีกระแสเมชและกระแสลูป

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10	หน่วยที่ 10
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **13**
	ชื่อหน่วย **วิธีแรงดันโนด**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

10.1 ความหมายของโนดและแรงดันโนด

10.2 วิธีการของแรงดันโนด

10.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีแรงดันโนด

10.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีแรงดันโนด

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวิธีแรงดันโนด
2. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

11. บอกความหมายของโนดและแรงดันโนดได้
2. อธิบายวิธีการของแรงดันโนดได้
3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีแรงดันโนดได้
4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีแรงดันโนดได้
5. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
6. ตัดสินใจเลือกใช้วิธีแรงดันโนด ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับวิธีแรงดันโนด และทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า การวัดแรงดันไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟฟ้าจากการทดลองด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

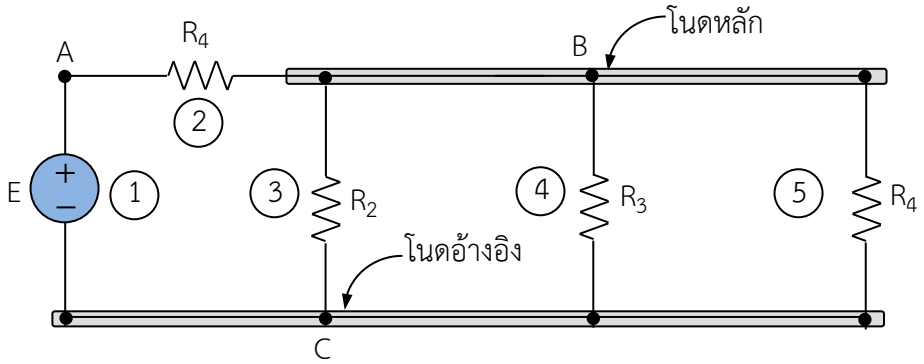
สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกความหมายของโนดและแรงดันโนดได้ 2. อธิบายวิธีการของแรงดันโนดได้ 3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีแรงดันโนดได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีแรงดันโนดได้	1. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

10.1 ความหมายของโนดและแรงดันโนด

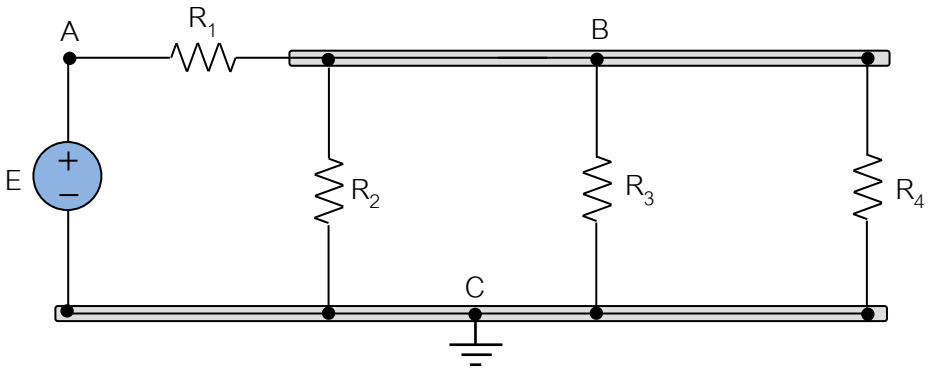
10.1.1 โนด (Node) หมายถึง จุดต่อของวงจรไฟฟ้าที่มีจำนวนสาขา 2 สาขาขึ้นไปหรือมากกว่า ถ้าจุดต่อร่วมนั้นมี 3 สาขาขึ้นไปเรียกว่า **โนดหลัก (Principal node)** แต่ถ้าโนดใดมีจำนวนสาขามาต่อร่วมกันมากที่สุดจะกำหนดให้เป็น **โนดอ้างอิง** (Reference node) แสดงดังรูป



รูป แสดงโนดหลักและจำนวนสาขาของวงจร

จากรูป มีจำนวนสาขาทั้งหมด 5 สาขา โดยสาขาก็คือส่วนที่แยกไหลออกจากโนดโดยที่จุด A เรียกว่า **โนด** เพราะจุดนี้มี 2 สาขาที่มีอุปกรณ์เชื่อมต่อกันคือแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากับตัวต้านทาน R_1 ส่วนโนด B และ C เรียกว่า **โนดหลัก** โดยที่โนด B มีจุดต่อร่วม 3 สาขา คือ สาขา 3 สาขา 4 และสาขา 5 ส่วนที่โนด C มีจุดต่อร่วม 4 สาขา คือ สาขา 1 สาขา 3 สาขา 4 และสาขา 5 โดยที่โนด C นี้จะมีจุดต่อร่วมมากที่สุด ซึ่งกำหนดให้เป็นโนดอ้างอิง

10.1.2 แรงดันโนด (Node voltage) หมายถึง แรงดันที่โนดใด ๆ เทียบกับโนดอ้างอิง โดยให้แรงดันที่โนดใด ๆ สูงกว่าโนดอ้างอิงซึ่งพิจารณาได้ดังรูป

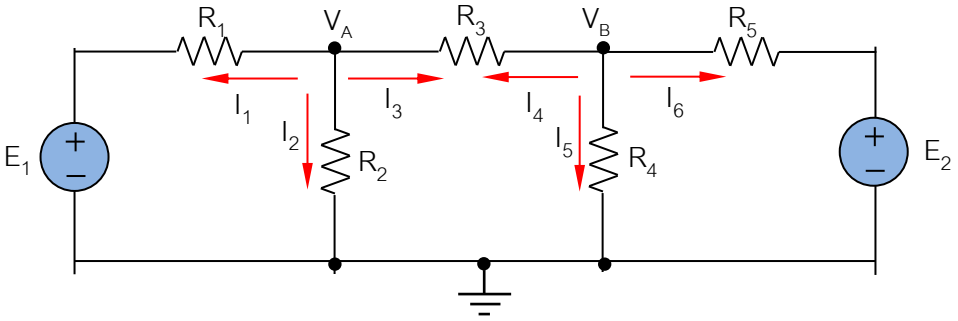


รูป แสดงแรงดันโนดและโนดอ้างอิง

จากรูปที่ 10.3 แรงดันที่โนด A กำหนดให้เป็น V_A คือแรงดันที่จุด A เทียบกับจุด C และแรงดันที่โนด B กำหนดให้เป็น V_B คือ แรงดันที่จุด B เทียบกับจุด C โดยที่จุด A และจุด B เป็นโนดใด ๆ และให้จุด C เป็นโนดอ้างอิง

10.2 วิธีการของแรงดันโนด

ในการวิเคราะห์ด้วยวิธีนี้ต้องกำหนดโนดอ้างอิงกับโนดหลัก โดยที่โนดหลักเป็นแรงดันโนดและที่โนดหลักนี้ต้องกำหนดกระแสไฟฟ้าให้ไหลเข้าหรือออกจากโนดก็ได้ จากนั้นนำกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์มาเขียนเป็นสมการโดยเขียนกระแสไฟฟ้าในสาขาต่าง ๆ ด้วยกฎของโอห์ม ดังรูป



รูป แสดงแรงดันโนดและทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลออกจากโนดหลัก

จากรูป แรงดัน V_A และแรงดัน V_B เป็นแรงดันโนด โดยมีกระแส I_1, I_2 และ I_3 กำหนดให้ไหลออกจากโนด A และกระแส I_4, I_5 และ I_6 กำหนดให้ไหลออกจากโนด B เมื่อใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ก็จะเขียนสมการที่โนด A และโนด B ได้ดังนี้

ที่โนด A จะได้ $$I_1 + I_2 + I_3 = 0$$

โดย $$I_1 = \frac{V_A - E_1}{R_1}$$

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

และ $$I_3 = \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

แทนค่า I_1, I_2 และ I_3 จะได้สมการดังนี้

$$\frac{V_A - E_1}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3} = 0$$

$$\frac{V_A}{R_1} - \frac{E_1}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A}{R_3} - \frac{V_B}{R_3} = 0$$

$$\frac{V_A}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A}{R_3} - \frac{V_B}{R_3} = \frac{E_1}{R_1}$$

$$(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3})V_A - (\frac{1}{R_3})V_B = (\frac{1}{R_1})E_1 \quad \text{..... (10.1)}$$

ที่โนด B จะได้ $$I_4 + I_5 + I_6 = 0$$

โดย $$I_4 = \frac{V_B - V_A}{R_3}$$

$$I_5 = \frac{V_B}{R_4} \qquad I_6 = \frac{V_B - E_2}{R_5}$$

แทนค่า I_4, I_5 และ I_6 จะได้สมการดังนี้

$$\frac{V_B - V_A}{R_3} + \frac{V_B}{R_4} + \frac{V_B - E_2}{R_5} = 0$$

$$\frac{V_B}{R_3} - \frac{V_A}{R_3} + \frac{V_B}{R_4} + \frac{V_B}{R_5} - \frac{E_2}{R_5} = 0$$

$$-\frac{V_A}{R_3} + \frac{V_B}{R_3} + \frac{V_B}{R_4} + \frac{V_B}{R_5} = \frac{E_2}{R_5}$$

$$-(\frac{1}{R_3})V_A (\frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5})V_B = (\frac{1}{R_5})E_2 \quad \text{..... (10.2)}$$

10.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยวิธีแรงดันโนด

1. กำหนดโนดลงบนวงจร ซึ่งมีทั้งโนดหลักและโนดอ้างอิง โดยที่โนดหลักกำหนดตัวแปรเป็นแรงดันไฟฟ้า (V_A, V_B, V_C .....V_N)

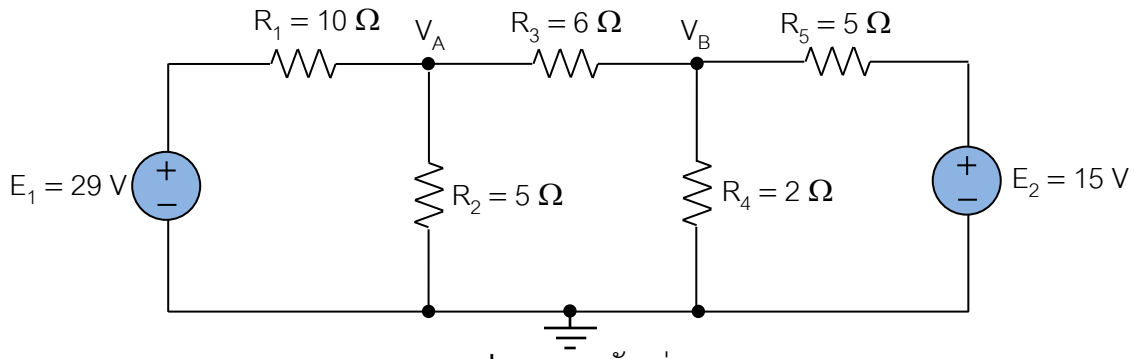
2. กำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่โนดหลักแต่ละโนด โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางใดก็ได้

3. เขียนสมการโดยใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

4. แก้สมการหาค่าตัวแปรซึ่งเป็นแรงดันโนด ถ้าเครื่องหมายออกมาเป็นลบแสดงว่า แรงดันที่โนด หลักมีศักย์ตรงข้ามกับโนดอ้างอิง

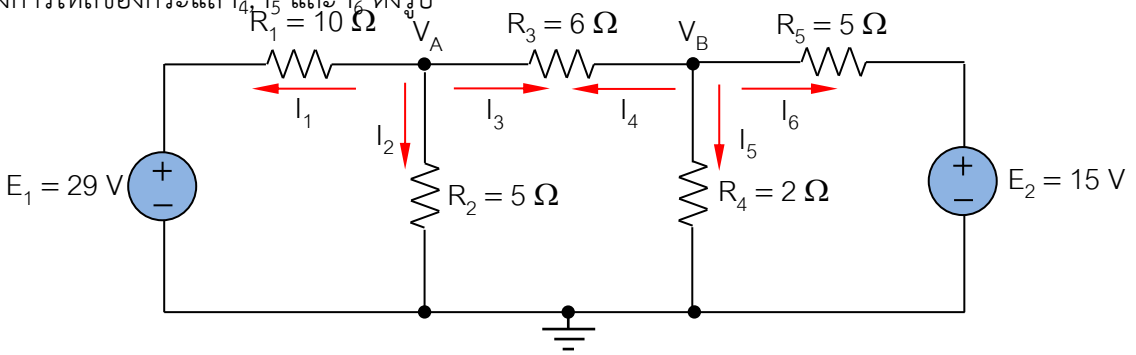
10.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีแรงดันโนด

ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าของแรงดัน V_A, V_B และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ จากรูป ที่แรงดันโนด V_A กำหนดทิศทางการไหลของกระแส I_1, I_2 และ I_3 โดยที่โนด V_B กำหนดทิศทางการไหลของกระแส I_4, I_5 และ I_6 ดังรูป



รูป แสดงการกำหนดโนดหลักและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละโนด

จากรูปที่ 10.10 ที่โนด A จะได้ $I_1 + I_2 + I_3 = 0$

$$\frac{V_A - E_1}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3} = 0$$

แทนค่า

$$\frac{V_A - 29}{10} + \frac{V_A}{5} + \frac{V_A - V_B}{6} = 0$$

$$\left(\frac{1}{10} + \frac{1}{5} + \frac{1}{6}\right)V_A - \frac{1}{6}V_B = \frac{29}{10}$$

$$(0.1 + 0.2 + 0.1666)V_A - 0.1666V_B = 2.9$$

$$0.4666V_A - 0.1666V_B = 2.9 \quad \text{..... (1)}$$

และที่โนด B จะได้ $I_4 + I_5 + I_6 = 0$

$$\frac{V_B - V_A}{R_3} + \frac{V_B}{R_4} + \frac{V_B - E_2}{R_5} = 0$$

แทนค่า

$$\frac{V_B - V_A}{6} + \frac{V_B}{2} + \frac{V_B - 15}{5} = 0$$

$$-\frac{1}{6}V_A + \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2} + \frac{1}{5}\right)V_B = \frac{15}{5}$$

$$-0.1666V_A + (0.1666 + 0.5 + 0.2)V_B = 3$$

$$-0.1666V_A + 0.8666V_B = 3 \qquad \text{..... (2)}$$

นำค่าสัมประสิทธิ์ ตัวแปร และค่าคงที่ของสมการที่ (1) และสมการที่ (2) เขียนอยู่ในรูปสมการของเมตริกซ์ได้ดังนี้

$$\begin{bmatrix} 0.4666 & -0.1666 \\ -0.1666 & 0.8666 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_A \\ V_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.9 \\ 3 \end{bmatrix}$$

หาค่าดีเทอร์มิแนนต์

$$\det = \begin{vmatrix} 0.4666 & -0.1666 \\ -0.1666 & 0.8666 \end{vmatrix} = 0.4043 - 0.0277 = 0.3766$$

หาค่าแรงดัน V_A และแรงดัน V_B ได้ตามลำดับดังนี้

หาค่าแรงดัน V_A โดย $V_A = \dfrac{\begin{vmatrix} 2.9 & -0.1666 \\ 3 & 0.8666 \end{vmatrix}}{\det} = \dfrac{2.5131 + 0.5}{0.3766} = \dfrac{3.0131}{0.3766}$

$V_A = 8$ V

หาค่าแรงดัน V_B โดย $V_B = \dfrac{\begin{vmatrix} 0.4666 & 2.9 \\ -0.1666 & 3 \end{vmatrix}}{\det} = \dfrac{1.4 + 0.4831}{0.3766} = \dfrac{1.8831}{0.3766}$

$V_B = 5$ V

แรงดันไฟฟ้าที่โนด A = V_A มีค่าเท่ากับ 8 V **ตอบ**

แรงดันไฟฟ้าที่โนด B = V_B มีค่าเท่ากับ 5 V **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของวิธีแรงดันโนด	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของวิธีแรงดันโนด	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 10	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องวิธีแรงดันโนด โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 10 2. คำถามหน่วยที่ 10
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับวิธีกระแสเมชและกระแสลูป	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 10
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 10
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 10	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 10	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 9	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 10	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิธีแรงดันโนด แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 10
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับวิธีแรงดันโนด

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของวิธีแรงดันโนดที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง วิธีแรงดันโนด
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 10
4. ใบมอบหมายงานที่ 10

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 10 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 10 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 10 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

หน่วยที่ **10** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **วิธีแรงดันโนด**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อหน่วย วิธีแรงดันโนด

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11	หน่วยที่ **11**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **14**
	ชื่อหน่วย **ทฤษฎีเธวินิน**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

11.1 ทฤษฎีเธวินินและวงจรเทียบเท่า

11.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีเธวินิน

11.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีเธวินิน

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีเธวินิน
2. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกทฤษฎีเธวินินและเขียนวงจรเทียบเท่าได้
2. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีเธวินินได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีเธวินินได้
4. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
5. ตัดสินใจเลือกใช้ทฤษฎีเธวินินและวงจรเทียบเท่า ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีเธวินิน ทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า การวัดแรงดันไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟฟ้าจากการทดลองด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกทฤษฎีเธวินินและเขียนวงจรเทียบเท่าได้ 2. อธิบายวิธีการของเธวินินได้ 3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีเธวินินได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีเธวินินได้	1. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 3. ต่อวงจรและวัดความต้านทานจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

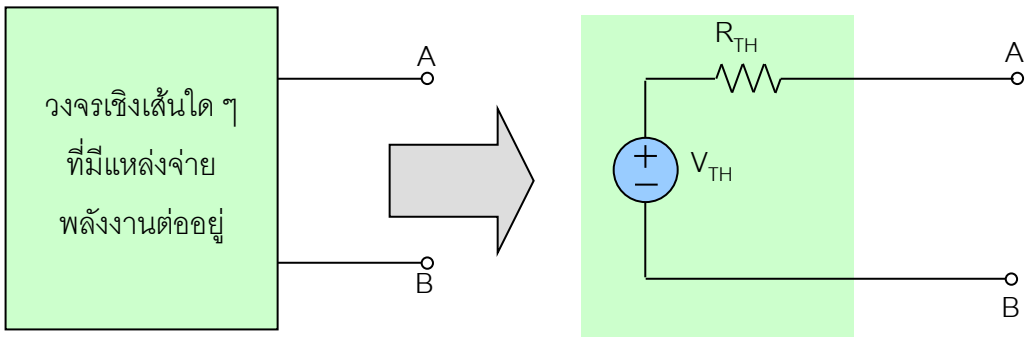
เนื้อหาสาระ

11.1 ทฤษฎีเธวินินและวงจรเทียบเท่า

ทฤษฎีเธวินินให้นิยามไว้ว่า

> ในวงจรเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่
> วงจรสามารถแทนด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่าย

จากนิยามทฤษฎีเธวินิน พิจารณาได้ดังรูปที่ 11.1 โดยรูปที่ 11.1 (ก) ภายในวงจรเชิงเส้นประกอบด้วยตัวต้านทานและแหล่งจ่ายพลังงานหลาย ๆ ค่าต่อกันเป็นวงจร ซึ่งวงจรแทนด้วยแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและตัวต้านทานที่ต่ออนุกรมกับแหล่งจ่าย ดังรูปที่ 11.1 (ข)

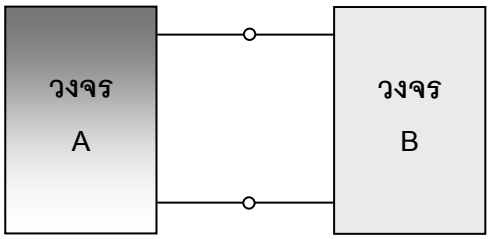


(ก) แสดงวงจรเชิงเส้นที่ต่ออยู่ภายใน (ข) แสดงวงจรเทียบเท่า

รูปที่ 11.1 นิยามของเธวินินและวงจรเทียบเท่า

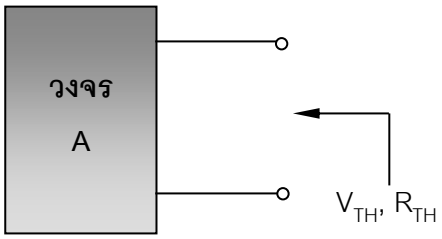
11.2 วิธีการของเธวินิน

ดังรูป สามารถอธิบายลำดับขั้นตอนของเธวินินได้ดังนี้



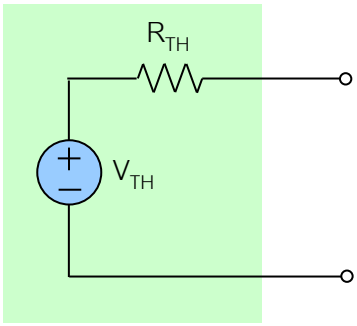
(ก) แสดงวงจร A และวงจร B ต่อร่วมกัน

1. พิจารณาจากรูป (ก) จะมี 2 วงจร คือ วงจร A และวงจร B



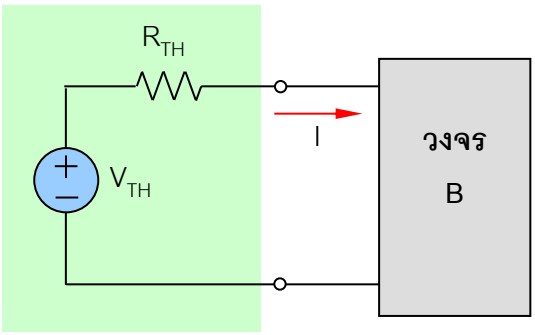
(ข) แสดงการแยกวงจร B ออกจากวงจร A

2. พิจารณาจากรูป (ข) แยกวงจร B ออกจากวงจร A



(ค) แสดงวงจรเทียบเท่าเธวินิน

3. พิจารณาจากรูป (ค) แทนวงจร A ด้วยวงจรเทียบเท่าเธวินิน



(ง) แสดงการนำวงจร B มาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่า

4. พิจารณาจากรูป (ง) นำวงจร B ที่แยกออกมาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่าของเธวินิน

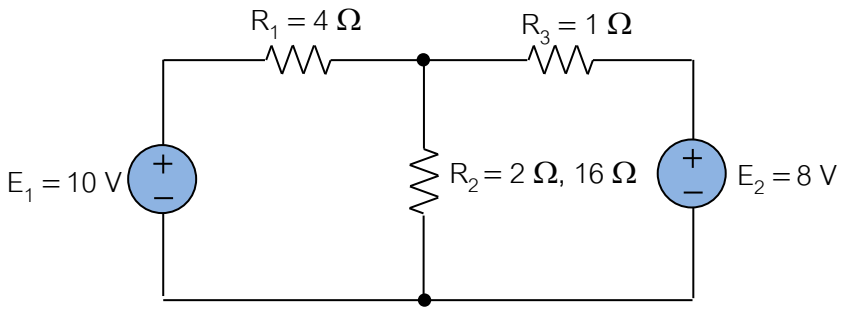
รูป แสดงลำดับขั้นตอนของเธวินิน

11.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีเธวินิน

1. ปลดความต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านออกจากวงจร แล้วกำหนดเป็นจุด A กับ B ตรงที่ปลดออก
2. หาค่าแรงดันเทียบเท่าของเธวินิน ซึ่งเป็นแรงดันที่จุด A กับ B
3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่าของเธวินิน ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่จุด A กับ B ในการพิจารณา
   3.1 ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร
   3.2 ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร
4. นำค่าที่ได้จากข้อ 2 และข้อ 3 มาเขียนเป็นวงจรเทียบเท่าของเธวินิน
5. นำความต้านทานที่ปลดออกจากข้อ 1 มาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่าของเธวินิน แล้วหากระแส ไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานนั้น ถ้าตัวต้านทานนั้นเปลี่ยนแปลงค่าไปก็แทนค่าความต้านทานนั้นแล้วหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเช่นเดียวกัน

11.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีเธวินิน

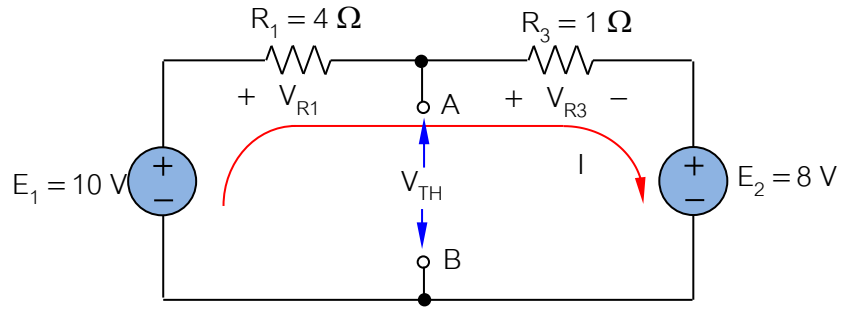
ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_2 เมื่อ R_2 มีค่าเท่ากับ 2 Ω และ 16 Ω ตามลำดับ



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ หาค่าต่าง ๆ ของวงจรตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ปลดความต้านทาน R_2 ออกจากวงจรแล้วกำหนดเป็นจุด A–B ดังรูป



รูป ปลดความต้านทาน R_2 ออกแล้วกำหนดเป็นจุด A–B

2. หาค่าแรงดันเทียบเท่าของเธวินินที่จุด A–B โดยพิจารณาศักย์จากจุด A ไปจุด B จากรูป เมื่อพิจารณาศักย์จากจุด A ไปจุด B ทางซ้ายมือ ซึ่งก็คือแรงดันตกคร่อม R_1กับ E_1หรือเมื่อพิจารณาศักย์จากจุด A ไปจุด B ทางขวามือซึ่งก็คือแรงดันตกคร่อม R_3 กับ E_2 ดังนี้

จากวงจรรูป จะได้ $V_{AB} = V_{TH} = -V_{R1} + E_1 = -IR_1 + 10\,V$

หรือหาได้จาก $V_{AB} = V_{TH} = +V_{R1} + E_2 = IR_3 + 8\,V$

จากทั้งสองกรณีต้องหากระแส I ก่อน

โดย $$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2}$$

แทนค่า $$= \frac{10\,V - 8\,V}{4\,\Omega + 1\,\Omega}$$

$$= \frac{2\,V}{5\,\Omega}$$

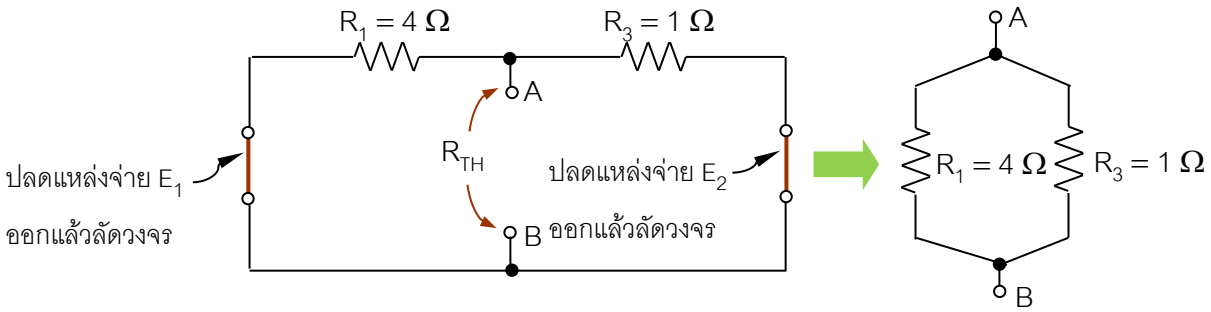
$$I = 0.4\ A$$

ดังนั้น $V_{TH} = -(0.4A \times 4\Omega) + 10 = 8.4\ V$

หรือหาได้จาก $V_{TH} = (0.4V \times 1\Omega) + 8\,V = 8.4\ V$

} จะเห็นว่าค่า V_{TH} เท่ากัน

3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่าของเธวินินที่จุด A–B โดยการปลดแหล่งจ่าย E_1 และ E_2 ออก แล้วลัดวงจรตรงที่ปลดออก ดังรูป



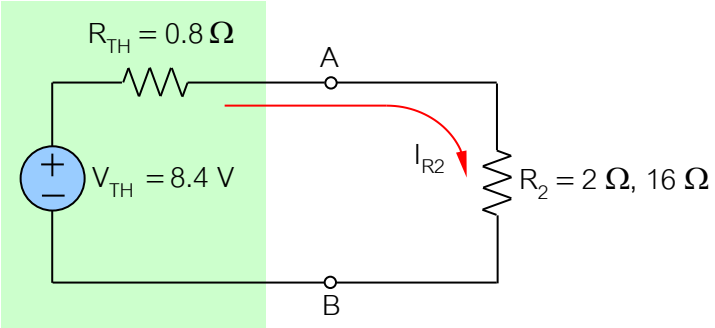
รูป หาค่าความต้านทานเทียบเท่าเธวินินที่จุด A–B

จากรูป ที่จุด A–B เห็นว่า R_1 ต่อขนานกับ R_3 ซึ่งที่จุด A–B เป็นค่า R_{TH}

โดย $$R_{TH} = \frac{R_1 \times R_3}{R_1 + R_3}$$

แทนค่า $$= \frac{4\,\Omega \times 1\,\Omega}{4\,\Omega + 1\,\Omega} = 0.8\ \Omega$$

4. เขียนวงจรเทียบเท่าของเธวินิน แล้วนำตัวต้านทานที่ปลดออกมาต่อเข้าที่จุด A– B ดังรูป



รูป วงจรเทียบเท่าของเธวินินแล้วนำตัวต้านทาน R_2 มาต่อเข้าที่จุด A–B

5. หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านความต้านทาน R_2 ที่ค่า R_2 ค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

ที่ $R_2 = 2\ \Omega$ จะได้ $I_{R2} = \dfrac{V_{TH}}{R_{TH} + R_2}$

แทนค่า $= \dfrac{8.4\ V}{0.8\ \Omega + 2\ \Omega}$

$I_{R2} = 3$ A

ที่ $R_2 = 16\ \Omega$ จะได้ $I_{R2} = \dfrac{V_{TH}}{R_{TH} + R_2}$

แทนค่า $= \dfrac{8.4\ V}{0.8\ \Omega + 16\ \Omega}$

$I_{R2} = 0.5$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 ที่ค่า 2 Ω มีค่าเท่ากับ 3 A **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 ที่ค่า 16 Ω มีค่าเท่ากับ 0.5 A **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้	1. คำถามประจำหน่วย 2. แบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 11
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของทฤษฎีเธวินิน	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของทฤษฎีเธวินิน	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 11	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 11	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องทฤษฎีเธวินิน โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point หน่วยที่ 11 2. คำถามหน่วยที่ 11
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับทฤษฎีเธวินิน	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปหน่วยที่ 11
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 11
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 11	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 11	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 11	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 11	1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 11 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีเธวินิน แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานหน่วยที่ 11
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 11

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีเธวินิน

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของทฤษฎีเธวินินที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงาน ส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ทฤษฎีเธวินิน
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 11
4. ใบมอบหมายงานที่ 11

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 11 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 11 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 11 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

หน่วยที่ **11** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ทฤษฎีเธวินิน**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อหน่วย ทฤษฎีเธวินิน

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า วัดค่าความต้านทาน	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12	บทเรียนที่ **12**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **16**
	ชื่อบทเรียน **ทฤษฎีนอร์ตัน**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

12.1 ทฤษฎีนอร์ตันและวงจรเทียบเท่า

12.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน

12.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีนอร์ตัน
2. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกทฤษฎีนอร์ตันและเขียนวงจรเทียบเท่าได้
2. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตันได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตันได้
4. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
5. ตัดสินใจเลือกใช้ทฤษฎีนอร์ตัน ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีนอร์ตัน ทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า การวัดแรงดันไฟฟ้า และการวัดกระแสไฟฟ้าจากการทดลองด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกทฤษฎีนอร์ตันและเขียนวงจรเทียบเท่าได้ 2. อธิบายวิธีการของนอร์ตันได้ 3. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตันได้ 4. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตันได้	1. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 3. ต่อวงจรและวัดความต้านทานจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

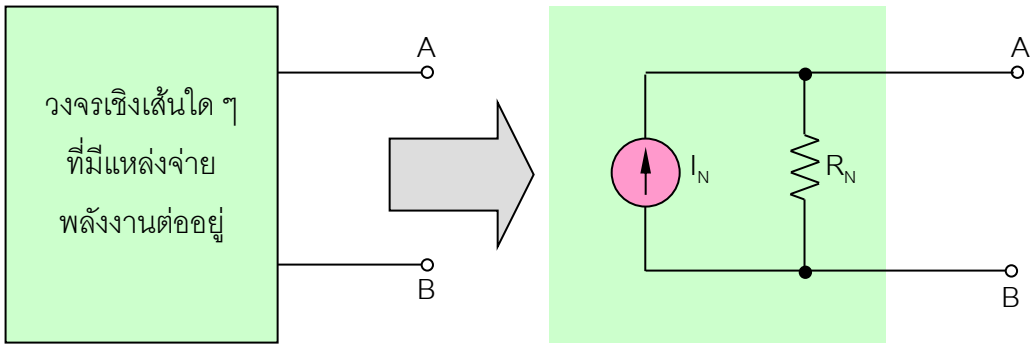
เนื้อหาสาระ

12.1 ทฤษฎีนอร์ตันและวงจรเทียบเท่า

ทฤษฎีนอร์ตันให้นิยามไว้ว่า

> ในวงจรเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่
> วงจรสามารถแทนด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าและตัวต้านทานที่ต่อขนานกัน

จากนิยามของนอร์ตัน พิจารณาได้ดังรูป (ก) ในวงจรเชิงเส้นจะประกอบด้วยตัวต้านทานและแหล่งจ่ายพลังงานหลาย ๆ ค่าต่อกันเป็นวงจร ซึ่งวงจรแทนด้วยแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าและตัวต้านทานที่ต่อขนานกับแหล่งจ่ายกระแส ดังรูป (ข)

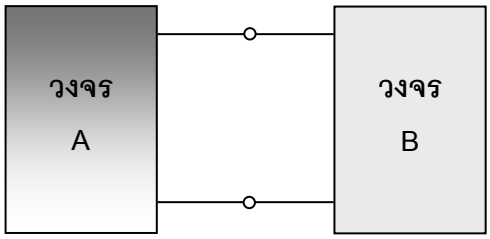


(ก) แสดงวงจรเชิงเส้นที่ต่ออยู่ภายใน (ข) แสดงวงจรเทียบเท่า

รูป นิยามของนอร์ตันและวงจรเทียบเท่า

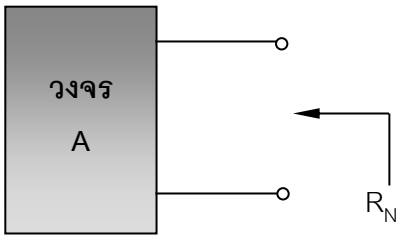
12.2 วิธีการของนอร์ตัน

ดังรูป สามารถอธิบายลำดับขั้นตอนของนอร์ตันได้ดังนี้



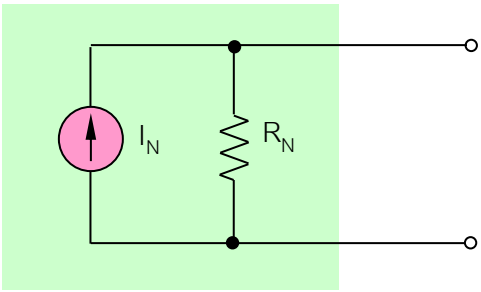
(ก) แสดงวงจร A และวงจร B ต่อร่วมกัน

1. พิจารณาจากรูป (ก) จะมี 2 วงจร คือ วงจร A และวงจร B



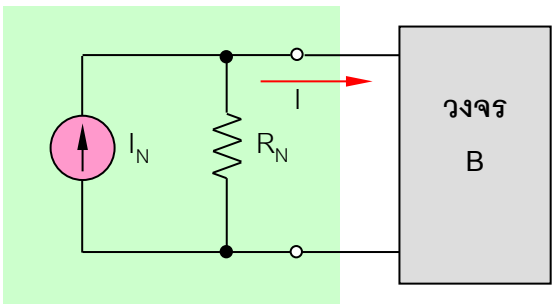
(ข) แสดงการแยกวงจร B ออกจากวงจร A

2. พิจารณาจากรูป (ข) แยกวงจร B ออกจากวงจร A



(ค) แสดงวงจรเทียบเท่านอร์ตัน

3. พิจารณาจากรูป (ค) แทนวงจร A ด้วยวงจรเทียบเท่านอร์ตัน



(ง) แสดงนำวงจร B มาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่า

4. พิจารณาจากรูป (ง) นำวงจร B ที่แยกออกมาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่านอร์ตัน

รูป แสดงลำดับขั้นตอนของนอร์ตัน

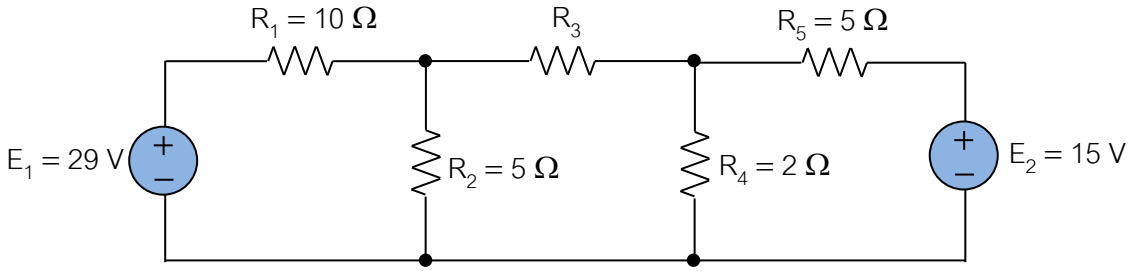
12.3 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน

1. ปลดความต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านออกจากวงจร แล้วกำหนดเป็นจุด A กับ B แล้วลัดวงจรตรงที่ปลดออก

2. หาค่ากระแสไฟฟ้าเทียบเท่าของนอร์ตัน ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้าที่ทไหลจากจุด A ไป B
3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตัน ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่จุด A กับ B ในการพิจารณา
   3.1 ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร
   3.2 ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร
4. นำค่าที่ได้จากข้อ 2 และข้อ 3 มาเขียนเป็นวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน
5. นำความต้านทานที่ปลดออกจากข้อ 1 มาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน แล้วหากระแส ไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานนั้น ถ้าตัวต้านทานนั้นเปลี่ยนแปลงค่าไปก็แทนค่าความต้านทานนั้นแล้วหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านเช่นเดียวกัน

12.4 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีนอร์ตัน

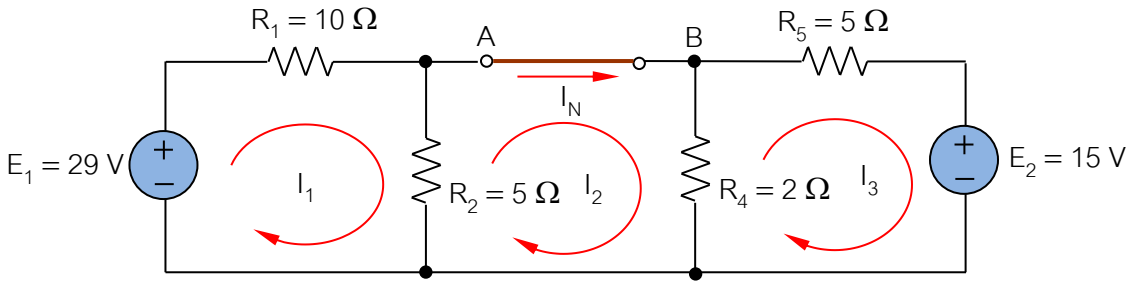
ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูปจงหาค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 เมื่อ R_3 มีค่าเท่ากับ 6 Ω, 20 Ω



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ หาค่าต่าง ๆ ของวงจรตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ปลดความต้านทาน R_3 ออกจากวงจรแล้วลัดวงจรตรงที่ปลดออก (ที่จุด A–B) ดังรูป



รูป ปลดตัวต้านทาน R_3 ออกแล้วลัดวงจรที่จุด A–B

2. หาค่ากระแสไฟฟ้าเทียบเท่าของนอร์ตันที่ไหลจากจุด A ไปจุด B ซึ่งก็คือกระแส I_2 ($I_2 = I_N$) ซึ่งจะใช้วิธีการของกระแสเมชและกระแสลูปจากนั้นแก้สมการหาค่ากระแส I_2 ดังนี้

ที่กระแสเมช I_1 $\quad 15I_1 - 5I_2 = 29$ ..... (1)

ที่กระแสเมช I_2 $\quad -5I_1 + 7I_2 - 2I_3 = 0$ ..... (2)

ที่กระแสเมช I_3 $\quad -2I_2 + 7I_3 = -15$ ..... (3)

นำค่าสัมประสิทธิ์ ตัวแปร และค่าคงที่ของสมการที่ (1) สมการที่ (2) และสมการที่ (3) มาเขียนในรูปของเมตริกซ์ จะได้

$$\begin{bmatrix} 15 & -5 & 0 \\ -5 & 7 & -2 \\ 0 & -2 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 29 \\ 0 \\ -15 \end{bmatrix}$$

หาค่าดีเทอร์มิแนนต์ ได้ดังนี้

$$\det = \begin{vmatrix} 15 & -5 & 0 \\ -5 & 7 & -2 \\ 0 & -2 & 7 \end{vmatrix} \begin{matrix} 15 & -5 \\ -5 & 7 \\ 0 & -2 \end{matrix}$$

$$= 735 + 0 + 0 - 0 - 60 - 175$$

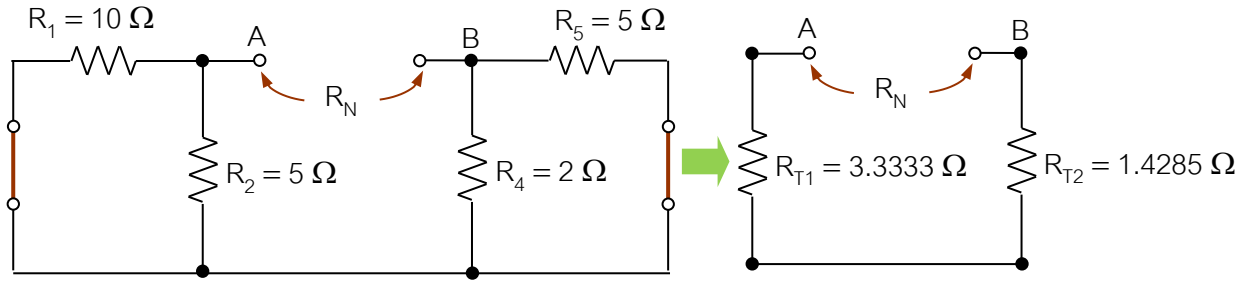
$$\det = 500$$

หาค่ากระแส I_2 โดย $I_2 = I_N$

$$I_N = \frac{\begin{vmatrix} 15 & 29 & 0 \\ -5 & 0 & -2 \\ 0 & -15 & 7 \end{vmatrix} \begin{matrix} 15 & 29 \\ -5 & 0 \\ 0 & -15 \end{matrix}}{500}$$

$$= \frac{0 - 0 + 0 - 0 - 450 + 1{,}015}{500} = \frac{565}{500} = 1.13 \text{ A}$$

3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตันที่จุด A–B ดังรูป



(ก) แสดงการหาค่าความต้านทานที่จุด A–B (ข) แสดงค่า R_{T1} และ R_{T2} ที่ต่ออนุกรมกัน

รูป หาค่าความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตันที่จุด A–B

จากรูป (ก) จากจุด A ทางซ้ายมือต้องนำ R_1 มาขนานกับ R_2 กำหนดให้เป็น R_{T1} และจากจุด B ทางขวามือต้องนำ R_4 มาขนานกับ R_5 กำหนดให้เป็น R_{T2} จากนั้นนำ R_{T1} และ R_{T2} มาอนุกรมกัน ซึ่งที่จุด A–B เป็นค่า R_N ดังรูป (ข) ซึ่งหาค่าต่าง ๆ ดังนี้

โดย $$R_{T1} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

แทนค่า $$R_{T1} = \frac{10\,\Omega \times 5\,\Omega}{10\,\Omega + 5\,\Omega} = 3.3333\Omega$$

และ $R_{T2} = \dfrac{R_4 \times R_5}{R_4 + R_5}$

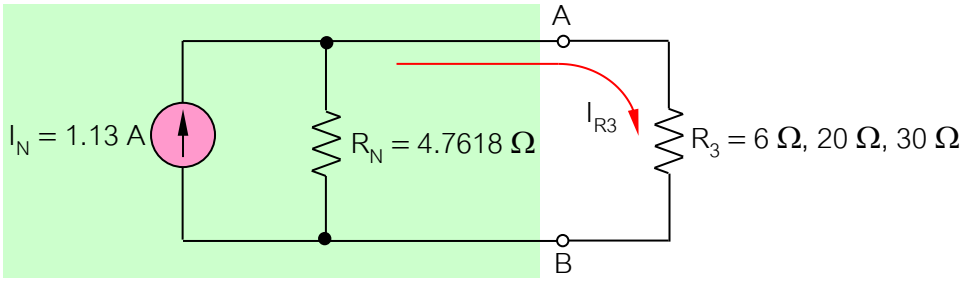
แทนค่า $R_{T1} = \dfrac{2\,\Omega \times 5\,\Omega}{2\,\Omega + 5\,\Omega} = 1.4285\Omega$

จากรูป (ข) จะได้ $R_N = R_{T1} + R_{T2}$

แทนค่า $= 3.3333\Omega + 1.4285\Omega$

$R_N = 4.7168\Omega$

4. เขียนวงจรเทียบเท่าของนอร์ตันแล้วนำตัวต้านทานที่ปลดออกมาต่อเข้าที่จุด A– B ดังรูป



รูป วงจรเทียบเท่าของนอร์ตันแล้วนำตัวต้านทาน R_3 มาต่อเข้าที่จุด A–B

5. หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน R_3 ที่ค่า R_3 ค่าต่าง ๆ โดยใช้วิธีวงจรการแบ่งกระแส ไฟฟ้า ได้ดังนี้

ที่ $R_3 = 6\ \Omega$ จะได้ $I_{R3} = \dfrac{I_N R_N}{R_N + R_3}$

แทนค่า $= \dfrac{1.13\text{ A} \times 4.7618\ \Omega}{4.7618\ \Omega + 6\,\Omega}$

$= \dfrac{5.38\text{ A}\Omega}{10.76\ \Omega}$

$I_{R3} = 0.5$ A

ที่ $R_3 = 20\ \Omega$ จะได้ $I_{R3} = \dfrac{I_N R_N}{R_N + R_3}$

แทนค่า $= \dfrac{1.13\text{ A} \times 4.7618\ \Omega}{4.7618\ \Omega + 20\,\Omega}$

$= \dfrac{5.38\text{ A}\Omega}{24.7618\ \Omega}$

$I_{R3} = 0.2173$ A

ที่ $R_3 = 30\ \Omega$ จะได้ $I_{R3} = \dfrac{I_N R_N}{R_N + R_3}$

แทนค่า $= \dfrac{1.13\text{ A} \times 4.7618\ \Omega}{4.7618\ \Omega + 30\,\Omega}$

$= \dfrac{5.38\text{ A}\Omega}{34.7618\ \Omega}$

$I_{R3} = 0.1547$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 ที่ค่า 6 Ω มีค่าเท่ากับ	0.5 A	**ตอบ**
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 ที่ค่า 20 Ω มีค่าเท่ากับ	0.2173 A	**ตอบ**
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 ที่ค่า 30 Ω มีค่าเท่ากับ	0.1548 A	**ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 12
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของทฤษฎีนอร์ตัน	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของทฤษฎีนอร์ตัน	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 12	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 12	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องทฤษฎีนอร์ตัน โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 12
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับทฤษฎีนอร์ตัน	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ 12
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 11
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 12
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 12	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 12	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 12	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 12	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 12 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีนอร์ตัน แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 12
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 12

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีนอร์ตัน

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของทฤษฎีนอร์ตันที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงาน ส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ทฤษฎีนอร์ตัน
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 12
4. ใบมอบหมายงานที่ 12

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 12 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 12 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 12 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **12** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ทฤษฎีนอร์ตัน**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน ทฤษฎีนอร์ตัน

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า วัดค่าความต้านทาน	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13	บทเรียนที่ **13**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **16**
	ชื่อบทเรียน **ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

13.1 ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

13.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

13.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทาน จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้
2. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้
4. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
5. ตัดสินใจเลือกใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง ตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะเกี่ยวกับกำลังไฟฟ้ากระแสสลับในวงจร R, L และ C ด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 2. บอกลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้ 3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้	1. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

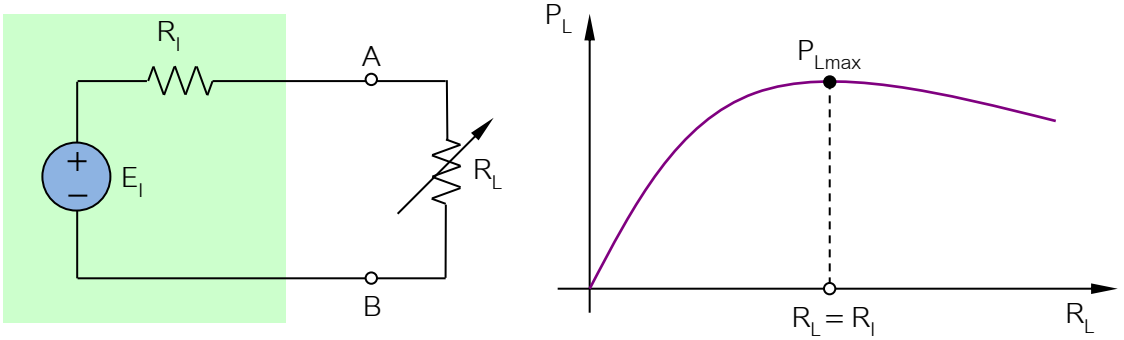
เนื้อหาสาระ

13.1 ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด ให้นิยามไว้ว่า

> ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ จะเกิดการส่งกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปยังภาระและเกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ภาระนั้นเมื่อความต้านทานของภาระ (R_L) เท่ากับความต้านทานภายใน (R_I) ของแหล่งจ่าย

จากนิยามของการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดพิจารณาได้ดังรูป



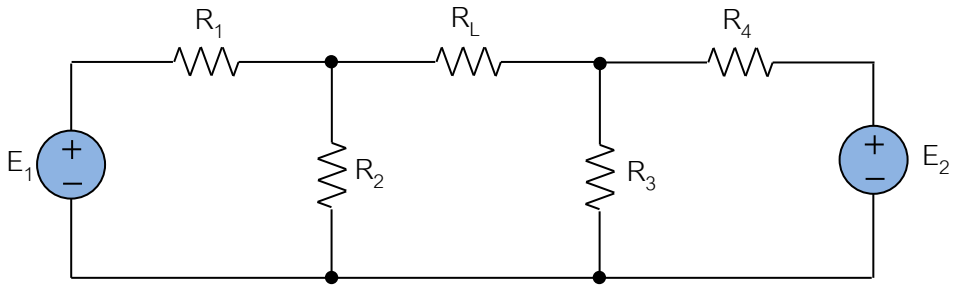
(ก) แสดงวงจรเมื่อปรับค่า R_L (ข) แสดงเส้นกราฟของกำลังไฟฟ้าที่ R_L

รูป แสดงวงจรและเส้นกราฟของกำลังไฟฟ้าที่ R_L

จากวงจรรูป (ก) เมื่อปรับค่าความต้านทาน R_L จากค่าศูนย์และเพิ่มขึ้นไปผลทำให้กำลัง- ไฟฟ้าที่ความต้านทานมีค่าเพิ่มขึ้น และเมื่อปรับค่าความต้านทานของ R_L เท่ากับค่าความต้านทานภายในของแหล่งจ่าย (R_I) ที่

จุดนี้ทำให้เกิดกำลังกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ R_L และเมื่อปรับค่าความต้านทาน R_L เพิ่มขึ้นไปอีกผลทำให้กำลังไฟฟ้ามีค่าลดลง ตามเส้นกราฟรูป (ข)

อย่างไรก็ตามในบางครั้งการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไปยังตัวต้านทาน ซึ่งมีแหล่งจ่ายมากกว่าหนึ่งแหล่งจ่ายและมีความต้านทานต่าง ๆ ต่ออยู่หลายตัวก็ตามดังรูปที่ 13.4 ก็ยังสามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุด ที่จะไปเกิดขึ้นที่ตัวต้านทานนั้นได้โดยนำทฤษฎีเธวินินมาช่วยในการแก้ปัญหา



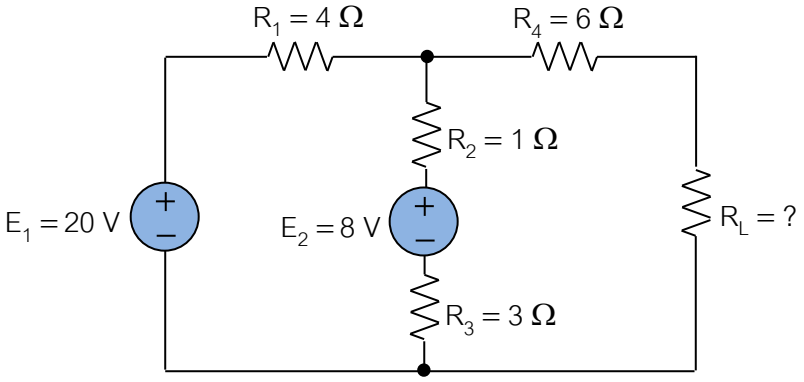
รูปที่ 13.4 แสดงวงจรที่มีแหล่งจ่ายมากกว่า 1 แหล่งจ่าย

13.2 ลำดับขั้นการวิเคราะห์โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

1. ปลดตัวต้านทานที่ต้องการหาค่าออกจากวงจร แล้วกำหนดเป็นจุด A กับ B ตรงที่ปลดออก
2. หาค่าแรงดันเทียบเท่าที่จุด A–B ซึ่งหาเช่นเดียวกันกับทฤษฎีเธวินิน
3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่าที่จุด A–B โดยพิจารณาดังนี้
   3.1 ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร
   3.2 ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร
4. นำค่าที่ได้จากข้อ 2 และ 3 มาเขียนเป็นวงจรเทียบเท่าของเธวินิน
5. นำตัวต้านทานที่ปลดออกจากข้อ 1 มาต่อเข้ากับวงจรเทียบเท่าที่จุด A–B แล้วกำหนดให้ค่าความต้านทานที่ปลดออกเท่ากับค่าความต้านทานเทียบเท่าที่จุด A–B
6. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านและกำลังไฟฟ้ามี่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานนั้นตามลำดับ

13.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

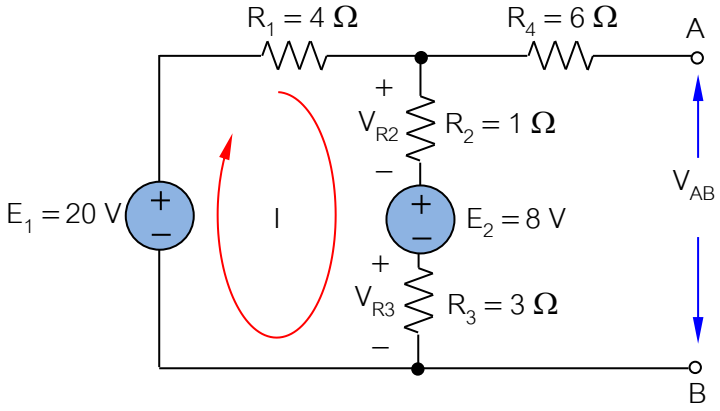
ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าความต้านทาน R_Lที่ทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดและกำลัง ไฟฟ้าสูงสุดที่ R_L มีค่ากี่วัตต์ พร้อมเขียนกราฟ $P_L = f(R_L)$



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ หาค่าต่าง ๆ ของวงจรตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ปลดความต้านทาน R_L ออกจากวงจรแล้วกำหนดเป็นจุด A–B ดังรูป



รูป ปลดตัวต้านทาน R_L ออกแล้วกำหนดเป็นจุด A–B

2. หาค่าแรงดันเทียบเท่าที่จุด A–B จากรูป โดยพิจารณาศักย์จากจุด A ไปจุด B ซึ่งก็คือแรงดันตกคร่อม R_2 แหล่งจ่าย E_2 และแรงดันตกคร่อม R_3 ซึ่งทำให้ได้ $V_{AB} = +V_{R2} + E_2 + V_{R3}$ โดยจะต้องหากระแส I ก่อน

จากวงจรรูปที่ 13.12 จะได้ $$I = \frac{E_1 - E_2}{R_1 + R_2 + R_3}$$

แทนค่า $$I = \frac{20\,V - 8\,V}{(4\,\Omega + 1\,\Omega + 3\,\Omega)} = \frac{12\,V}{8\,\Omega}$$

$$I = 1.5\ A$$

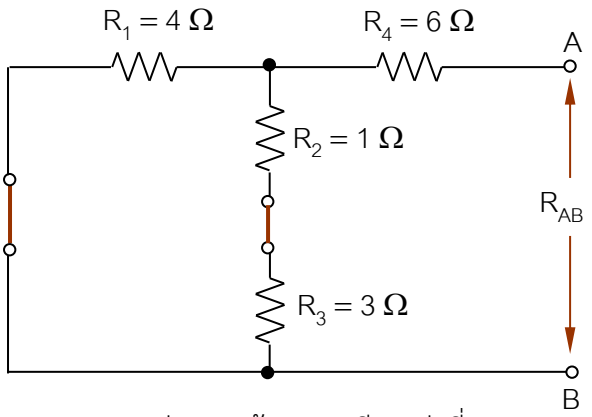
หา V_{AB} ได้จาก $$V_{AB} = +V_{R2} + E_2 + V_{R3}$$

$$= IR_2 + 8\,V + IR_3$$

แทนค่า $$V_{AB} = (1.5\,A \times 1\Omega) + 8V + (1.5A \times 3\Omega)$$

$$V_{AB} = 14\ V$$

3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่าที่จุด A กับ B โดยการปลดแหล่งจ่าย E_1 และ E_2 ออก แล้วลัดวงจรตรงที่ปลดออก ดังรูป



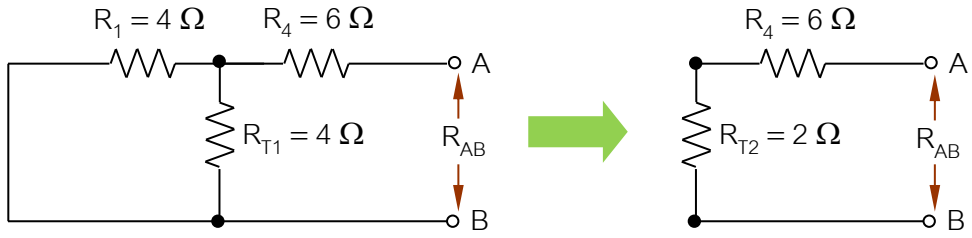
รูป หาค่าความต้านทานเทียบเท่าที่จุด A–B

จากรูป ต้องนำ R_2 มาอนุกรมกับ R_3 ก่อน กำหนดให้เป็น R_{T1} จากนั้นจึงนำมาขนานกับ R_1 กำหนดให้เป็น R_{T2} เมื่อได้ค่าแล้วจึงนำมาอนุกรมกับ R_4 ซึ่งเป็นค่า R_{AB} ที่จุด A–B ซึ่งหาได้ดังนี้

โดย $R_{T1} = R_2 + R_3$

แทนค่า $R_{T1} = 1\Omega + 3\Omega = 4\Omega$

นำค่าที่ได้เขียนเป็นวงจรใหม่เพื่อง่ายต่อการพิจารณา ดังรูป



รูป แสดงวงจร R_{T1} ที่ได้จาก R_1 อนุกรมกับ R_3 และขนานกับ R_2 เป็น R_{T2}

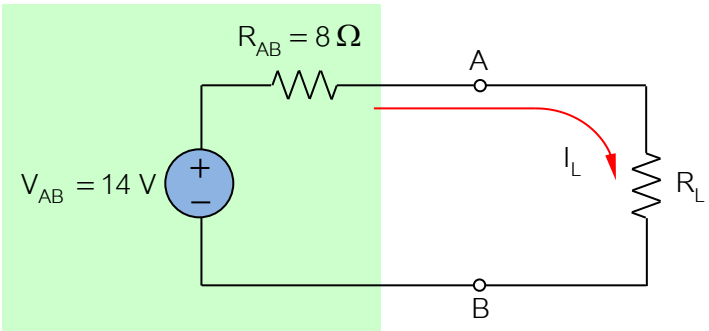
จากรูป จะได้ $R_{T2} = \dfrac{R_{T1} \times R_1}{R_{T1} + R_1} = \dfrac{4\Omega \times 4\Omega}{4\Omega + 4\Omega} = 2\ \Omega$

หา R_{AB} ได้จาก $R_{AB} = R_4 + R_{T2}$

แทนค่า $= 6\Omega + 2\Omega$

$R_{AB} = 8\Omega$

4. เขียนวงจรเทียบเท่าของเธวินินแล้วนำ R_L ที่ปลดออกมาต่อเข้าที่จุด A–B ดังรูป



รูป5 วงจรเทียบเท่าของเธวินินแล้วนำตัวต้านทาน R_L มาต่อเข้าที่จุด A–B

5. ในสภาวะการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดจะได้ $R_L = R_{AB} = 8\ \Omega$

ค่าความต้านทาน R_L มีค่าเท่ากับ 8 Ω **ตอบ**

6. จากรูป หากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านและกำลังไฟฟ้าที่ R_L ได้ดังนี้

โดย $I_L = \dfrac{V_{AB}}{R_{AB} + R_L}$

แทนค่า $I_L = \dfrac{14\,V}{8\Omega + 8\Omega} = 0.875\ A$

หา $P_{L\,max}$ ได้จาก

$$P_{Lmax} = I_L^2 R_L$$

แทนค่า $$P_{Lmax} = (0.875A)^2 \times 8\,\Omega = 6.125\ W$$

เขียนกราฟ $P_L = f(R_L)$ จากวงจรรูป ถ้าเปลี่ยนค่าความต้านทาน R_L จาก 0 Ω ถึง 20 Ω ไปตามตาราง จากนั้นคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้าที่ R_L ได้ดังนี้

ที่ $R_L = 0\,\Omega$ จะได้ $$I_L = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_L} = \frac{14\,V}{8\,\Omega + 0\,\Omega} = 1.75\,A$$

และ $$P_L = I_L^2 R_L = (1.75A)^2 \times 0\,\Omega = 0\,W$$

ที่ $R_L = 4\,\Omega$ จะได้ $$I_L = \frac{V_{AB}}{R_{AB} + R_L} = \frac{14\,V}{8\,\Omega + 4\,\Omega} = 1.166\,A$$

และ $$P_L = I_L^2 R_L = (1.166A)^2 \times 4\,\Omega$$

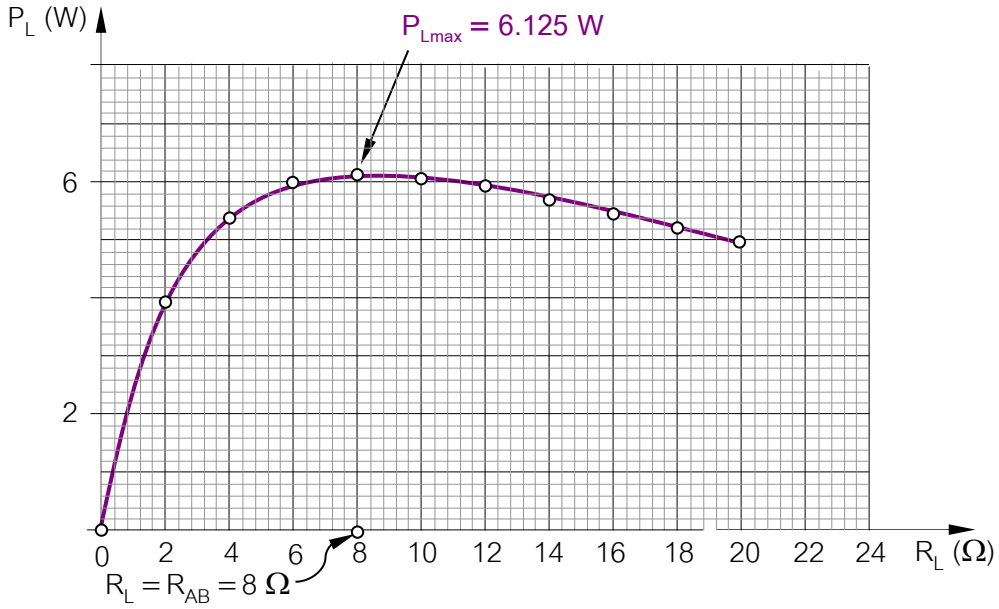
$$P_L = 5.44\ W$$

ส่วนค่า R_L ที่เหลือได้คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า ค่ากำลังไฟฟ้า และได้แสดงค่าต่าง ๆ ดังตาราง

ตารางที่ แสดงค่ากระแสไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า เมื่อค่าความต้านทาน R_L เปลี่ยนไป

$V_{AB} = 14$ V และ $R_{AB} = 8\,\Omega$								
R_L (Ω)	0	2	4	6	8	12	16	20
I_L (A)	1.75	1.4	1.166	1	0.875	0.7	0.583	0.5
P_L (W)	0	3.92	5.43	6	6.125	5.88	5.43	5

นำค่าของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากตารางที่ 13.2 ไปเขียนกราฟจะทำให้ได้เส้นกราฟ ดังรูปที่ 13.16



รูปที่ 13.16 แสดงเส้นกราฟของกำลังไฟฟ้าเมื่อค่าความต้านทาน R_L เปลี่ยนแปลง

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 13
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 13	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 13	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 13
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ 13
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบทที่กย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 13
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 13
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 13	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 13	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 13	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 13	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 13 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 13
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 13

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 13
4. ใบมอบหมายงานที่ 13

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 13 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 13 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 13 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **13** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน ทฤษฎีการส่งผ่านกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก

☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี

☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง

☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้

☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 14	บทเรียนที่ **14**
	ชื่อวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** รหัสวิชา **20104-2002**	สอนครั้งที่ **17**
	ชื่อบทเรียน **ทฤษฎีการวางซ้อน**	ชั่วโมงรวม **4** ชั่วโมง

หัวข้อเรื่อง (Topics)

14.1 ทฤษฎีการวางซ้อน

14.2 วิธีการของทฤษฎีการวางซ้อน

14.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการวางซ้อน

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการวางซ้อน
2. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลอง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral Objectives)

1. บอกทฤษฎีการวางซ้อนได้
2. อธิบายวิธีการของทฤษฎีการวางซ้อนได้
3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการวางซ้อนได้
4. มีเจตคติที่ดี และเห็นคุณค่าเกี่ยวกับความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย ซื่อสัตย์และมีความรับผิดชอบ
5. ตัดสินใจเลือกใช้ทฤษฎีการวางซ้อน ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า จากวงจรการทดลองตามมาตรฐานอาชีพได้

ผลลัพธ์การเรียนรู้ (Learning Outcomes)

ประยุกต์ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการวางซ้อน ทักษะการต่อวงจรไฟฟ้า การวัดแรงดันไฟฟ้า การวัดกระแสไฟฟ้าจากการทดลอง และการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ทางไฟฟ้าด้วยความรอบคอบ ปลอดภัย และมีความรับผิดชอบ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
1. บอกทฤษฎีการวางซ้อนได้ 2. อธิบายวิธีการของทฤษฎีการวางซ้อนได้ 3. คำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการวางซ้อนได้	1. ต่อวงจรและวัดแรงดันไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง 2. ต่อวงจรและวัดกระแสไฟฟ้าจากวงจรการทดลองได้ถูกต้อง	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สวยงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ

เนื้อหาสาระ

14.1 ทฤษฎีการวางซ้อน

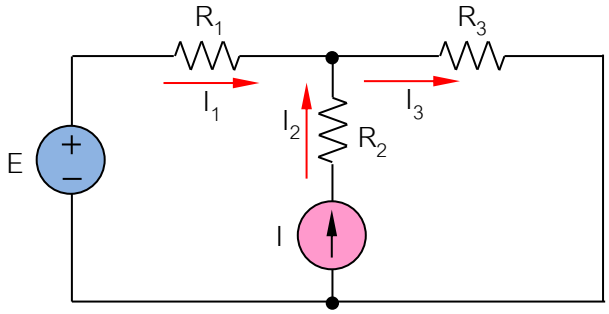
ทฤษฎีการวางซ้อนให้นิยามไว้ว่า

> ในวงจรเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงาน 2 แหล่งจ่ายขึ้นไป เมื่อนำค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานอันเกิดจากแหล่งจ่ายพลังงานครั้งละ 1 แหล่งจ่ายมารวมกันทางทางพีชคณิตจะทำให้ได้ค่าของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานนั้นเป็นค่าที่แท้จริง

14.2 วิธีการของทฤษฎีการวางซ้อน

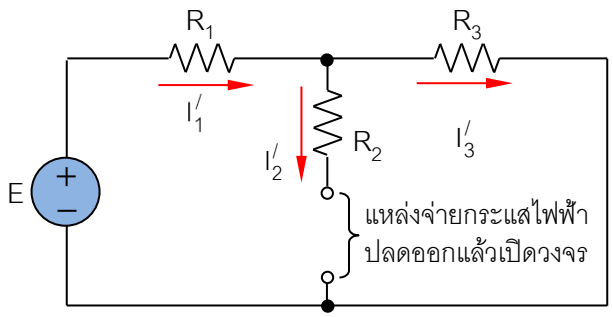
ดังรูป เห็นว่ามีแหล่งจ่าย 2 แหล่งจ่าย คือแหล่งจ่ายแรงดัน E_1 และแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า I ซึ่งแหล่งจ่ายทั้ง 2 ต่างก็จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตัวต้านทานสามารถอธิบายลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

1. กำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาไปในทิศทางใดก็ได้และระบุลำดับที่ของกระแสไฟฟ้า เช่น I_1, I_2, I_3...I_n ดังรูป



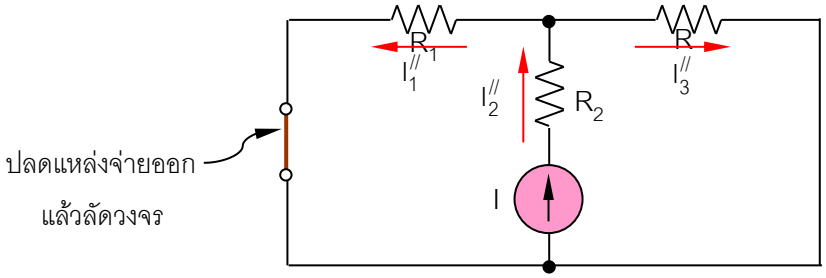
รูป การกำหนดทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

2. เลือกพิจารณาแหล่งจ่ายมาเพียง 1 แหล่งจ่าย แหล่งจ่ายที่เหลือถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ปลดออกแล้วลัดวงจร ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้ปลดออกแล้วเปิดวงจร เลือกพิจารณาแหล่งจ่าย E_1 ดังรูป แล้วคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาโดยใช้กฎของโอห์ม หรือวิธีการแบ่งกระแสไฟฟ้า โดยลำดับของกระแสเป็น $I_1', I_2', I_3' \ldots$ พร้อมสังเกตทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า



รูป ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน E

3. เลือกพิจารณาแหล่งจ่ายที่เหลือจากข้อ 2 ทำเช่นเดียวกันกันกับข้อ 2 ซึ่งแหล่งจ่ายที่เหลือเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าดังรูป แล้วคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในแต่ละสาขาโดยใช้กฎของโอห์ม หรือวิธีการแบ่งกระแสไฟฟ้า โดยลำดับของกระแสเป็น $I_1'', I_2'', I_3'' \ldots$ พร้อมสังเกตทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า



รูป ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อพิจารณาแหล่งจ่ายกระแส I

4. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงของวงจร โดยพิจารณาทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากรูปที่ 14.2 และจากรูป ดังนี้

$$I_1 = I_1' - I_1''$$
$$I_2 = I_2' - I_2''$$
$$I_3 = I_3' + I_3''$$

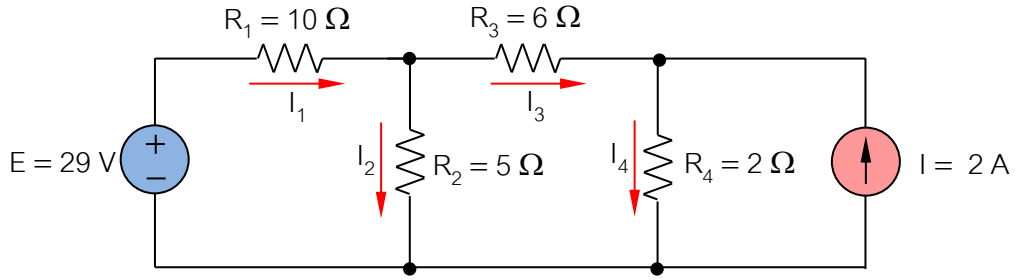
การพิจารณากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงและทิศทางของกระแสไฟฟ้า

1. ถ้ากระแสไฟฟ้าไปในทิศทางเดียวกันให้นำมาบวกกัน โดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่แท้จริงไปทิศทางเดียวกันของกระแสไฟฟ้าทั้งสอง

2. ถ้ากระแสไฟฟ้าไปในทิศทางตรงข้ามกันให้นำมาลบกัน โดยให้กระแสไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่าเป็นตัวตั้งแล้วลบด้วยค่ากระแสไฟฟ้าที่น้อยกว่า โดยทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่แท้จริงจะไปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่มีค่ามากกว่า

14.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ โดยใช้ทฤษฎีการวางซ้อน

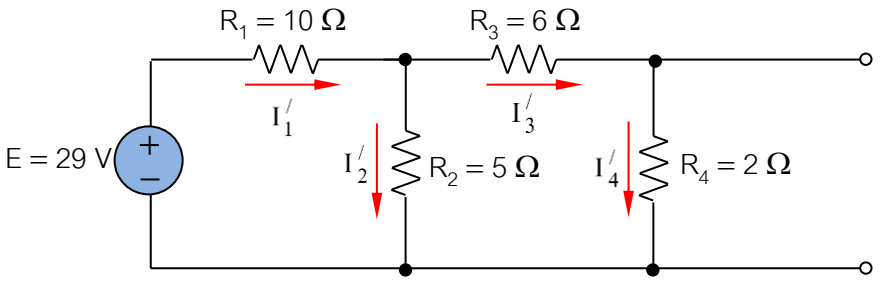
ตัวอย่าง วงจรไฟฟ้าดังรูป จงหาค่าของกระแสที่ไหลผ่าน R_2 และ R_3



รูป วงจรของตัวอย่าง

วิธีทำ หาค่าต่าง ๆ ของวงจรตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1. เลือกพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน E โดยปลดแหล่งจ่ายกระแส I ออก แล้วเปิดวงจรตรงที่ปลดออก



รูป ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อพิจารณาแหล่งจ่ายแรงดัน E

2. จากรูป หาค่าความต้านทานรวม R_T' โดยนำ R_4 มาอนุกรมกับ R_3 ก่อน เมื่อได้ค่าแล้วนำมาขนานกับ R_2 เมื่อได้ค่าแล้วจึงนำไปอนุกรมกับ R_2 จากนั้นหาค่ากระแสไฟฟ้า I_1', I_2', I_3'และ I_4'ตามลำดับ

จะได้ $$R_T' = \{(R_3 + R_4) // R_2\} + R_1 = \left\{\frac{(R_3 + R_4) \times R_2}{(R_3 + R_4) + R_2}\right\} + R_1$$

แทนค่า $$= \left\{\frac{(2\,\Omega + 6\,\Omega) \times 5\,\Omega}{(2\,\Omega + 6\,\Omega) + 5\,\Omega}\right\} + 10\,\Omega = 3.077\,\Omega + 10\,\Omega$$

$$R_T' = 13.077\ \Omega$$

ดังนั้น $$I_1' = \frac{E}{R_T'}$$

แทนค่า $$I_1' = \frac{29\ \text{V}}{13.077\,\Omega} = 2.218\ \text{A}$$

ทำการแบ่งกระแส I_1' เป็น I_2' กับ $I_3'(I_3' = I_4')$ โดยวิธีการแบ่งกระแสไฟฟ้า ได้ดังนี้

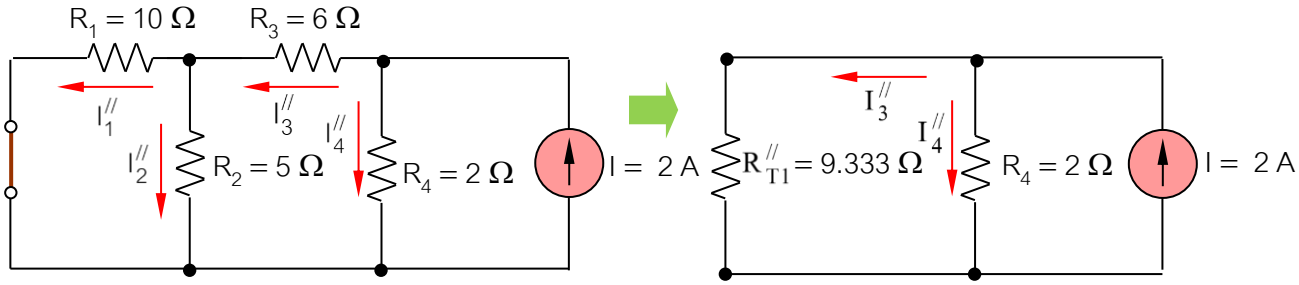
จะได้ $$I_3' = \frac{I_1' R_2}{R_2 + R_3 + R_4}$$

แทนค่า $$I_3' = \frac{2.218\ \text{A} \times 5\,\Omega}{5\,\Omega + 6\,\Omega + 2\,\Omega} = 0.853\ \text{A}$$

หาค่า I_2' ได้จาก $$I_2' = I_1' - I_3'$$

แทนค่า $I'_2 = 2.218\,A - 0.853\,A = 1.365\ A$

3.เลือกพิจารณาแหล่งจ่ายกระแส I โดยปลดแหล่งจ่ายแรงดัน E_1 ออก แล้วลัดวงจรตรงที่ปลดออกดังรูป



รูป ทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าเมื่อพิจารณาแหล่งจ่ายกระแส I

4. จาก หาค่าความต้านทานรวม R''_{T1} โดยนำ R_1 มาขนานกับ R_3 ก่อน เมื่อได้ค่าแล้วนำมาอนุกรมกับ R_3 หาค่า R''_{T1} ดังนี้

จะได้ $R''_{T1} = (R_1 // R_2) + R_3 = \left(\frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}\right) + R_3$

แทนค่า $R''_{T1} = \left(\frac{10\,\Omega \times 5\,\Omega}{10\,\Omega + 5\,\Omega}\right) + 6\,\Omega$

$= 9.333\ \Omega$

ทำการแบ่งกระแส I เป็น I''_3 กับ I''_4 โดยวิธีการแบ่งกระแสไฟฟ้า ได้ดังนี้

จะได้ $I''_3 = \frac{IR_4}{R_{T1} + R_4}$

แทนค่า $I''_3 = \frac{2\,A \times 2\,\Omega}{9.333\,\Omega + 2\,\Omega}$

$= 0.353\ A$

หาค่า I''_4 ได้จาก $I''_4 = I - I''_3$

แทนค่า $I''_4 = 2\,A - 0.353A$

$= 1.647\ A$

ทำการแบ่งกระแส I''_3 เป็น I''_1 กับ I''_2 โดยวิธีการแบ่งกระแสไฟฟ้า ได้ดังนี้

จะได้ $I''_2 = \frac{I''_2 R_1}{R_1 + R_2}$

แทนค่า $I''_2 = \frac{0.353\,A \times 10\,\Omega}{10\,\Omega + 5\,\Omega}$

$= 0.253\ A$

5. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าที่แท้จริงของวงจร โดยพิจารณาทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ได้จากรูป โดยกระแสที่ไหลผ่าน R_2 คือ I_2 และกระแสที่ไหลผ่าน R_3 คือ I_3

จะได้ $I_2 = I'_2 + I''_2$ (เพราะมีทิศทางเดียวกันให้นำมาบวกกัน)

แทนค่า $= 1.365\,\text{A} + 0.235\,\text{A}$

$I_2 = 1.6\ \text{A}$

และจะได้ $I_3 = I_3' - I_3''$ (เพราะมีทิศทางตรงข้ามกันให้นำมาลบกัน)

$= 0.853\,\text{A} - 0.353\,\text{A}$

$I_3 = 0.5\ \text{A}$

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2$ มีค่าเท่ากับ 1.6 A **ตอบ**

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_3$ มีค่าเท่ากับ 0.5 A **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนการสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียน (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การวัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน		
1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในบทเรียนเรียนนี้	1. คำถามประจำบทเรียน 2. แบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 14
1.2 ครูสอบถามความสำคัญของทฤษฎีการวางซ้อน	1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของทฤษฎีการวางซ้อน	
1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 14	1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน บทเรียนที่ 14	
2. ขั้นสอนทฤษฎี		
2.1 ครูอธิบายเรื่องทฤษฎีการวางซ้อน โดยใช้สื่อประกอบ	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู	1. power point บทเรียนที่ 14
2.2 ซักถามปัญหาเกี่ยวกับทฤษฎีการวางซ้อน	2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	2. คำถามบทเรียนที่ 14
3. ขั้นสรุป		
3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถามปัญหาข้อสงสัย	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม 3.2 จดบททึกย่อ	1. ใบสรุปบทเรียนที่ 14
4. ขั้นสอนปฏิบัติ		
4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน	1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 14
4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 14	4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 14	
4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน	4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน	
4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา	4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ	
5. ขั้นการประเมินผล		
5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 14	5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนบทเรียนที่ 14	1. แบบทดสอบหลังเรียนบทเรียนที่ 14 จำนวน 15 ข้อ
5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต	5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน	
5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน	5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน	
6. ขั้นมอบหมายงาน		
6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับทฤษฎีการวางซ้อน แล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป	6.1 รับมอบหมายงาน	1. ใบมอบงานบทเรียนที่ 14
7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย		
7.1 ตรวจความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน	7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนบทเรียนที่ 14

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับทฤษฎีการวางซ้อน

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมของทฤษฎีการวางซ้อนที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** ผู้แต่ง **สุธน แก่นต้น** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง ทฤษฎีการวางซ้อน
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 14
4. ใบมอบหมายงานที่ 14

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 14 จำนวน 15 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบบทเรียนที่ 14 จำนวน 15 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนบทเรียนที่ 14 จำนวน 15 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นต้น. (2563). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง** นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **20104-2002** ชื่อรายวิชา **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

บทเรียนที่ **14** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **ทฤษฎีการวางซ้อน**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [ ] ครบถ้วน [ ] ไม่ครบถ้วนเพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุธพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
8. ด้านทักษะพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....
9. ด้านจิตพิสัย [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ .....

ผลการสอนของครู

10. [ ] น่าพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย..... .....)

แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง **รหัสวิชา** 20104-2002

ชื่อบทเรียน ทฤษฎีการวางซ้อน

ที่	รายการประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1	การต่อวงจรถูกต้อง **(7 คะแนน)** 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้าที่วัดค่าแรงดันไฟฟ้า วัดค่ากระแสไฟฟ้า	 3 4		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงในทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์ท้ายการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อยหลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายในชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		**20**		

ผลการประเมิน

- ☐ 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- ☐ 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- ☐ 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- ☐ 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ☐ ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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