

เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (2104-2002)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

DC
Electrical
Circuit

หน่วยที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม (Series Circuit)

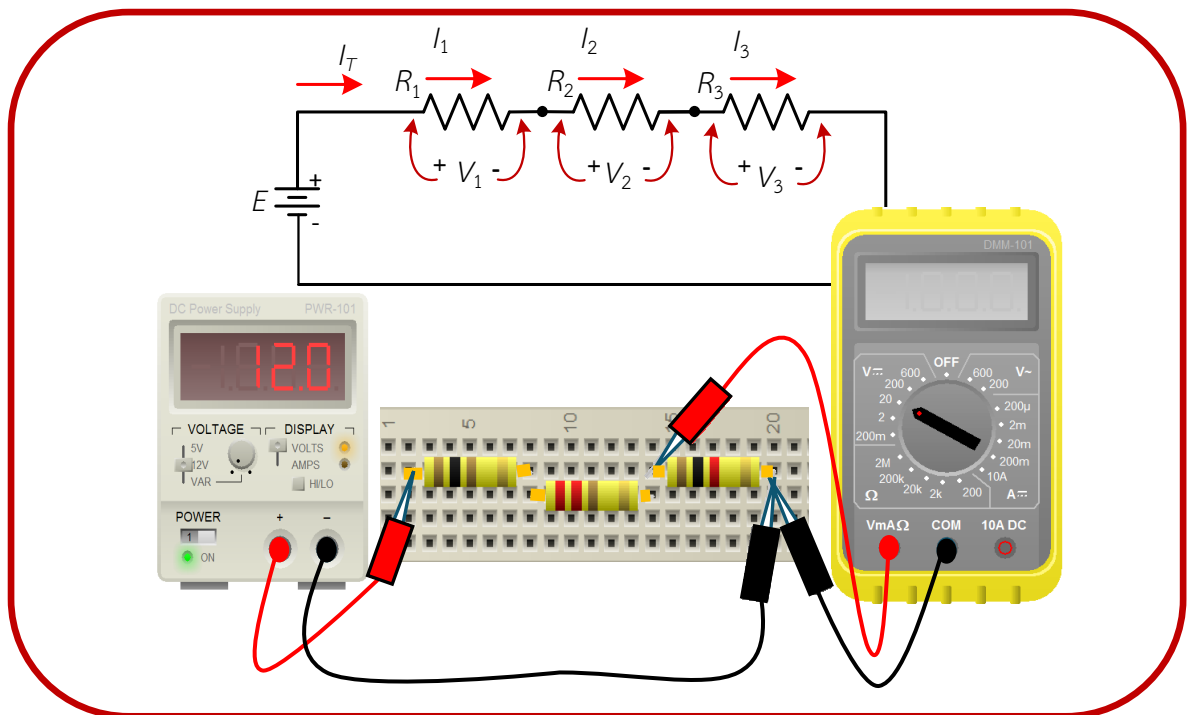
นายสุริยันต์ รักพวก

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง
วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารประกอบการเรียนการสอน
วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
รหัสวิชา 2104-2002

หน่วยที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม



โดย

สุริยันต์ รักพวง

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

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

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

สำหรับความสำเร็จในการจัดเรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้นส่วนหนึ่งได้รับคำแนะนำมาจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน หากผู้ที่ได้ใช้เอกสารฉบับนี้พบข้อบกพร่องผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะ ผู้จัดทำยินดียอมรับและจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุริยันต์ รักพวก

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
สารบัญตาราง	ง
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	จ
คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนหน่วยที่ 3 วงจรอนุกรม	ฉ
แบบทดสอบก่อนเรียน	1
ใบเนื้อหา	5
3.1 ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	6
3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	6
3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	9
สรุป	18
ใบแบบฝึกหัด	19
ใบประเมินผลแบบฝึกหัด	21
ใบงานที่ 3 วงจรอนุกรม	22
ใบประเมินผลใบงานที่ 3	36
เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 3	37
แบบทดสอบหลังเรียน	39
ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม	43
เอกสารอ้างอิง	44
ภาคผนวก	45
เฉลยแบบฝึกหัด	46
เฉลยใบงานที่ 3	55
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน	58
ใบสรุปการประเมินผล	59
สื่อ Power Point	60

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
3.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	6
3.2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานวงจรรอนุกรม	7
3.3 กระแสไฟฟ้าในวงจรรอนุกรมแสดงโดยสัญลักษณ์	7
3.4 กระแสไฟฟ้าในวงจรรอนุกรม	8
3.5 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม	8
3.6 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	9
3.7 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตามตัวอย่างที่ 3.1	10
3.8 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตามตัวอย่างที่ 3.2	11
3.9 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตัวอย่างที่ 3.3	11
3.10 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตัวอย่างที่ 3.4	12
3.11 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตัวอย่างที่ 3.5	16
3.12 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1	19
3.13 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2	20
3.14 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3	20
3.15 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4	20

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 แสดงการพิจารณาอัตราค่าจ้างต่ำสุด	15

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

รหัส 2104-2002

ระดับชั้น ปวช.

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง 2 หน่วยกิต

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สาขาวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

เวลาเรียนรวม 72 ชั่วโมง

จุดประสงค์รายวิชา

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

มาตรฐานรายวิชา

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

คำอธิบายรายวิชา

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

คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน

การใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002 หน่วยที่ 3 เรื่องวงจรอนุกรม ใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน 240 นาที (4 ชั่วโมง) เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอน เกิดประสิทธิผลของการเรียนรู้ ครูควรปฏิบัติตามคำแนะนำต่างๆ ในการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนการสอนและสื่อการสอนเพื่อเตรียมการสอน
 2. ชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน หน่วยที่ 3 เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม เกณฑ์การประเมินผลในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนและระเบียบต่างๆ ใช้เวลา 5 นาที
 3. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที
 4. สอนทฤษฎีตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 3 ด้วยสื่อ Power Point ในเอกสารประกอบการเรียนการสอน ใช้เวลาในการสอนทฤษฎี 60 นาที
 5. สรุปสาระการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 3 เรื่องวงจรอนุกรม ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ลักษณะสมบัติของวงจร การคำนวณหาค่าความต้านทาน การคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้า และการคำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ใช้เวลา 5 นาที
 6. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด ใช้เวลา 40 นาที
 7. สอนภาคปฏิบัติตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 3 ให้ผู้เรียนทำการทดลองใบงานที่ 3 ใช้เวลา 55 นาที
 8. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที
 9. เฉลย แบบฝึกหัด ใบงานที่ 3 และแบบทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน ใช้เวลา 20 นาที
 10. เก็บรวบรวม แบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บันทึกคะแนนลงในแบบวัดผลประเมินผลหน่วยที่ 3 โดยใช้เวลา 5 นาที
 11. สรุปผลการประเมินผล พร้อมชี้แนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข และให้ผู้เรียนเตรียมความพร้อมในการเรียนหน่วยที่ 4 เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบขนาน ให้ผู้เรียนเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ใบงาน ทำความสะอาดห้องเรียน สรรวจเครื่องแต่งกาย ก่อนออกจากห้องเรียนโดยใช้เวลา 10 นาที
- ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นภาคทฤษฎีและปฏิบัติ บทบาทสำคัญของครูต้องคอยสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะ เกิดการเชื่อมโยงความรู้จากทฤษฎีสู่ภาคปฏิบัติ ความสัมพันธ์ของเนื้อหาทั้งหมดที่เรียน สามารถขยายความรู้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้



แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 5

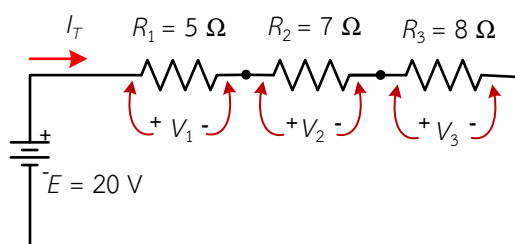
หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

คำชี้แจง

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

1. ข้อใดคือลักษณะของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
 - ก. โหลดตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ต่อเรียงกันไป
 - ข. แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าป้อนให้กับโหลดที่ต่อเรียงกัน
 - ค. โหลดตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ต่อร่วมกันระหว่างจุดสองจุด
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข
2. ข้อใดคือลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
 - ก. ตัวต้านทานที่มีค่ามาก แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจะมีค่าน้อย
 - ข. เมื่อต่อตัวต้านทานอนุกรมเพิ่มขึ้น ความต้านทานรวมจะลดลง
 - ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน
 - ง. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อที่ 3-6



รูปที่ 1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 3-6

3. ความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าไร
 - ก. $40\ \Omega$
 - ข. $20\ \Omega$
 - ค. $12\ \Omega$
 - ง. $5\ \Omega$



แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 5

หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

4. กระแสไฟฟ้ารวมมีค่าเท่าไร

- ก. 4 A
- ข. 2 A
- ค. 3 A
- ง. 1 A

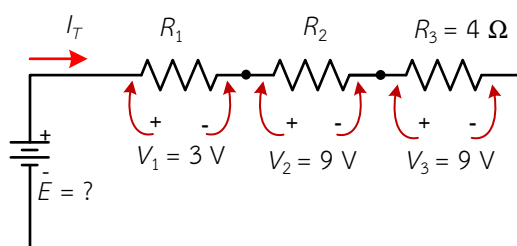
5. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_4 มีค่าเท่าไร

- ก. 10 V
- ข. 8 V
- ค. 7 V
- ง. 5 V

6. กำลังไฟฟ้ารวมมีค่าเท่าไร

- ก. 60 W
- ข. 40 W
- ค. 20 W
- ง. 15 W

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อที่ 7-10



รูปที่ 2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-10

7. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 มีค่าเท่าไร

- ก. 2.25 A
- ข. 1.55 A
- ค. 1 A
- ง. 0.55 A

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

8. แรงดันไฟฟ้ารวมมีค่าเท่าไร

ก. 21 V

ข. 18 V

ค. 9 V

ง. 3 V

9. ตัวต้านทาน R_2 มีค่าความต้านทานเท่าไร

ก. 18 Ω

ข. 9 Ω

ค. 4 Ω

ง. 3 Ω

10. กำลังไฟฟ้าที่ R_1 มีค่าเท่าไร

ก. 27 W

ข. 13.5 W

ค. 9 W

ง. 6.75 W

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนหลังเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ - สกุล เลขที่ ชั้น

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

สรุปผล

เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

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

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
สาระสำคัญ ในหน่วยนี้จะศึกษาเรื่องวงจรอนุกรม เกี่ยวกับการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม คุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้า ความต้านทานไฟฟ้า รวมทั้งกฎ สูตรพื้นฐานที่นำมาใช้แก้ปัญหาวงจรอนุกรม เช่น กฎของโอห์ม กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และกำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรม เป็นต้น จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าแรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน และกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1. บอกความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 2. บอกลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 3. คำนวณหาค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 4. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 6. คำนวณหาลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ คุณธรรม จริยธรรม 1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์ 1.1 ความรับผิดชอบ 1.2 ความมีวินัย 1.3 การตรงต่อเวลา 1.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์ 1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ 1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้ 2. การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง 2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ 2.2 ทำตามลำดับขั้น 2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด 2.4 การมีส่วนร่วม		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

สาระการเรียนรู้

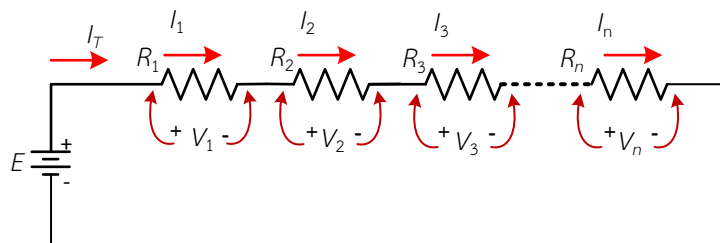
- 3.1 ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

เนื้อหาสาระ

จากที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะความรู้พื้นฐานและกฎต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ามาแล้วนั้น ในหน่วยนี้จะกล่าวถึงลักษณะสมบัติและการคำนวณหาค่าต่างๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหาทางวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนเช่นกัน

3.1 ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม หมายถึง การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกันไปบนเส้นวงจรเดียวกัน โดยปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวแรกต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สอง และปลายอีกด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สองต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สามและต่อถัดกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งค่าความต้านทานรวมได้จากผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน



รูปที่ 3.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2.1 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เป็นไปตามกฎของโอห์มที่กล่าวไว้ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับค่าความต้านทาน นั่นคือ ถ้าให้ค่าความต้านทานคงที่ แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเพิ่มขึ้น กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมดังรูปที่ 3.2 ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์”



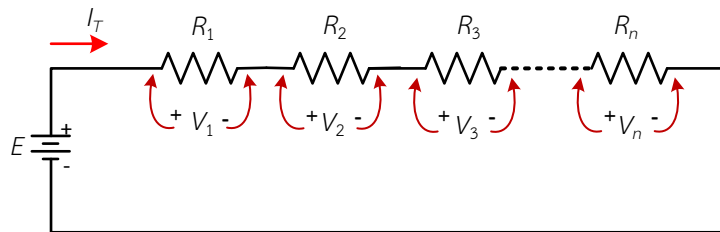
ใบเนื้อหา

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 5

หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานวงจรอนุกรม

จากรูปที่ 3.2 หาแรงดันไฟฟ้า ดังนี้

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$

เมื่อ E แทน แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย

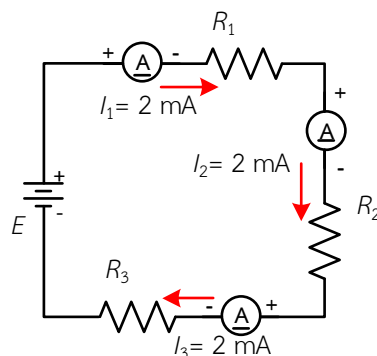
V_1 แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1

V_2 แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_2

V_3 แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_3

V_n แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R ตัวสุดท้าย

3.2.2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน เช่น ถ้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) จ่ายกระแสไฟฟ้า 2 มิลลิแอมป์ให้กับวงจร โดยกระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดใดก็ตามจะมีค่าเท่ากับ 2 มิลลิแอมป์ทุกจุดในวงจร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมแสดงโดยสัญลักษณ์



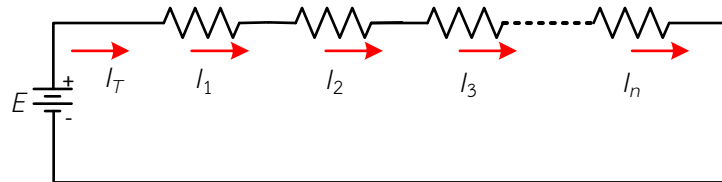
ใบเนื้อหา

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 5

หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.4 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

จากรูปที่ 3.4 หากระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

เมื่อ I_T แทน กระแสไฟฟ้ารวม

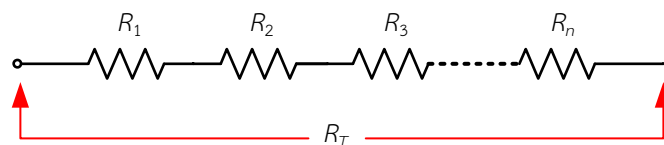
I_1 แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1

I_2 แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2

I_3 แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3

I_n แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R ตัวสุดท้าย

3.2.3 ค่าความต้านทานรวม (R_T) ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมที่ได้จะมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ



รูปที่ 3.5 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

จากรูปที่ 3.5 หาความต้านทานรวมได้ ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

เมื่อ R_T = ความต้านทานรวม

R_1, R_2, R_3 = ความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว

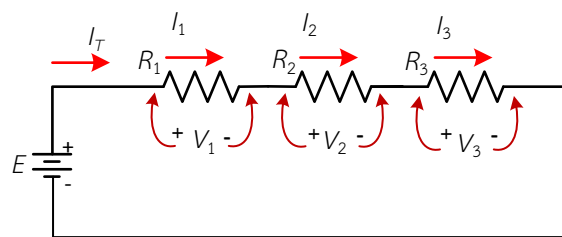
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

3.2.4 กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานในแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับ กำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$

เมื่อ P_1 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_1
 P_2 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_2
 P_3 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_3
 P_n แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R ตัวสุดท้าย

3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



รูปที่ 3.6 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากรูปที่ 3.6 คำนวณหาค่าต่างๆ ได้ดังนี้

หาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจร จากลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันและสามารถนำกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์” และนำกฎของโอห์มมาใช้หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$E = V_1 + V_2 + V_3 \quad (3-1)$$

$$V_1 = I_T R_1 = I_1 R_1 \quad (3-2)$$

$$V_2 = I_T R_2 = I_2 R_2 \quad (3-3)$$

$$V_3 = I_T R_3 = I_3 R_3 \quad (3-4)$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

หาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร ได้จาก

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 \quad (3-5)$$

$$\frac{E}{R_T} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_3}{R_3} \quad (3-6)$$

หาค่าความต้านทานรวม ได้จาก

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3-7)$$

หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟารวม ได้จาก

$$P_1 = I_1 V_1 = I_1^2 R_1 = \frac{V_1^2}{R_1} \quad (3-8)$$

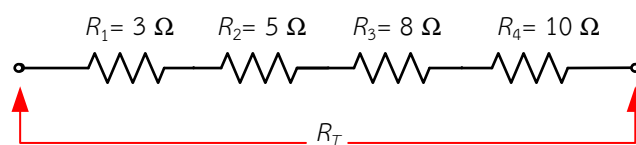
$$P_2 = I_2 V_2 = I_2^2 R_2 = \frac{V_2^2}{R_2} \quad (3-9)$$

$$P_3 = I_3 V_3 = I_3^2 R_3 = \frac{V_3^2}{R_3} \quad (3-10)$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \quad (3-11)$$

หรือ $P_T = I_T E \quad (3-12)$

ตัวอย่างที่ 3.1 จากรูปที่ 3.7 จงคำนวณหาค่าความต้านทานรวม (R_T)



รูปที่ 3.7 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตามตัวอย่างที่ 3.1

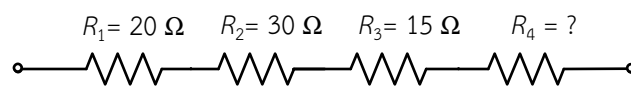
วิธีทำ

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \\ &= 3\ \Omega + 5\ \Omega + 8\ \Omega + 10\ \Omega \\ &= 26\ \Omega \end{aligned}$$

$\therefore$ ความต้านทาน $R_T = 26$ โอห์ม

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 3.2 จากรูปที่ 3.8 จงคำนวณหาค่า R_4 เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรเท่ากับ $100\ \Omega$

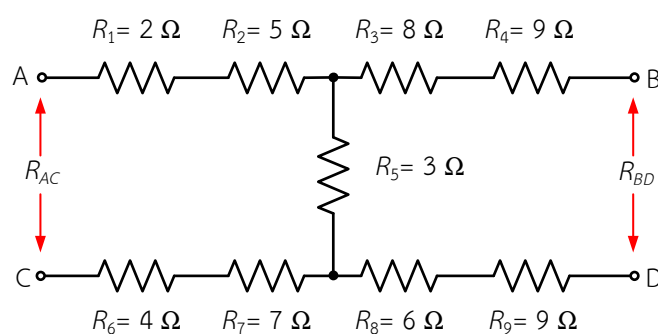


รูปที่ 3.8 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตามตัวอย่างที่ 3.2

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{จาก} \quad R_T &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \\
 R_4 &= R_T - R_1 - R_2 - R_3 \\
 &= 100\ \Omega - 20\ \Omega - 30\ \Omega - 15\ \Omega \\
 &= 35\ \Omega \\
 \therefore \text{ความต้านทาน } R_4 &= 35\ \text{โอห์ม}
 \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 3.3 จากรูปที่ 3.9 จงคำนวณหาค่าความต้านทานระหว่างจุด A-C และ ระหว่างจุด B-D



รูปที่ 3.9 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตัวอย่างที่ 3.3

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 R_{AC} &= R_1 + R_2 + R_5 + R_6 + R_7 \\
 &= 2\ \Omega + 5\ \Omega + 3\ \Omega + 4\ \Omega + 7\ \Omega \\
 &= 21\ \Omega
 \end{aligned}$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

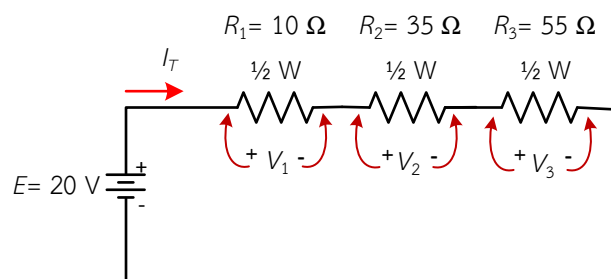
$$\begin{aligned}
 R_{BD} &= R_3 + R_4 + R_5 + R_8 + R_9 \\
 &= 8\Omega + 9\Omega + 3\Omega + 6\Omega + 9\Omega \\
 &= 35\Omega
 \end{aligned}$$

$\therefore$ ค่าความต้านทานระหว่างจุด A-C (R_{AC}) = 21 โอห์ม

ค่าความต้านทานระหว่างจุด B-D (R_{BD}) = 35 โอห์ม

ตัวอย่างที่ 3.4 จากรูปที่ 3.10 จงคำนวณหาค่า

- ความต้านทานรวม (R_T)
- กระแสไฟฟ้ารวม (I_T)
- แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว (V_1, V_2, V_3)
- กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟ้ารวม (P_1, P_2, P_3, P_T)
- กำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ของตัวต้านทานแต่ละตัวเพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องใช้อัตรากำลังต่ำสุดเท่าไร



รูปที่ 3.10 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตัวอย่างที่ 3.4

วิธีทำ

- ความต้านทานรวม (R_T)

$$\begin{aligned}
 R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\
 &= 10\Omega + 35\Omega + 55\Omega \\
 &= 100\Omega
 \end{aligned}$$

$\therefore$ ความต้านทานรวม = 100 โอห์ม

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
ข. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T) $I_T = \frac{E}{R_T}$ $= \frac{20\text{ V}}{100\ \Omega}$ $= 0.2\text{ A}$ $\therefore$ กระแสไฟฟ้ารวม = 0.2 แอมแปร์ ค. แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว (V_1, V_2, V_3) $V_1 = I_T R_1$ $= 0.2\text{ A} \times 10\ \Omega$ $= 2\text{ V}$ $\therefore$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน $R_1 = 2$ โวลต์ $V_2 = I_T R_2$ $= 0.2\text{ A} \times 35\ \Omega$ $= 7\text{ V}$ $\therefore$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน $R_2 = 7$ โวลต์ $V_3 = I_T R_3$ $= 0.2\text{ A} \times 55\ \Omega$ $= 11\text{ V}$ $\therefore$ แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน $R_3 = 11$ โวลต์ ง. กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟ้ารวม (P_1, P_2, P_3, P_T) กำลังไฟฟ้าที่ R_1 $P_1 = I_T V_1$ $= 0.2\text{ A} \times 2\text{ V}$ $= 0.4\text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน $R_1 = 0.4$ วัตต์		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
กำลังไฟฟ้าที่ R_2 $P_2 = I_T V_2$ $= 0.2 \text{ A} \times 7 \text{ V}$ $= 1.4 \text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน $R_2 = 1.4$ วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่ R_3 $P_3 = I_T V_3$ $= 0.2 \text{ A} \times 11 \text{ V}$ $= 2.2 \text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน $R_3 = 2.2$ วัตต์ หรือ กำลังไฟฟ้าที่ R_1 $P_1 = I_T^2 R_1$ $= (0.2 \text{ A})^2 \times 10 \Omega$ $= 0.4 \text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน $R_1 = 0.4$ วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่ R_2 $P_2 = I_T^2 R_2$ $= (0.2 \text{ A})^2 \times 35 \Omega$ $= 1.4 \text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน $R_2 = 1.4$ วัตต์ กำลังไฟฟ้าที่ R_3 $P_3 = I_T^2 R_3$ $= (0.2 \text{ A})^2 \times 55 \Omega$ $= 2.2 \text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน $R_3 = 2.2$ วัตต์ หากำลังไฟารวม $P_T = P_1 + P_2 + P_3$		

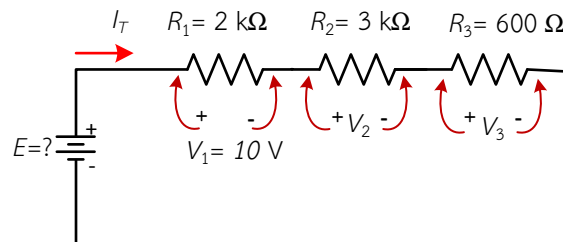
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

<

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

ค. แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (E)

ง. กำลังไฟฟ้ารวม (P_T)



รูปที่ 3.11 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมตัวอย่างที่ 3.5

วิธีทำ

ก. ความต้านทานรวม (R_T)

$$\begin{aligned}
 R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\
 &= 2\text{ k}\Omega + 3\text{ k}\Omega + 0.6\text{ k}\Omega \\
 &= 5.6\text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

$\therefore$ ความต้านทานรวม = 5.6 กิโลโอห์ม

ข. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T)

จาก สมการที่ (3-5) และ (3-6)

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$\frac{E}{R_T} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_3}{R_3}$$

จะได้

$$\begin{aligned}
 I_T &= \frac{V_1}{R_1} \\
 &= \frac{10\text{ V}}{2\text{ k}\Omega} \\
 &= 5\text{ mA}
 \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้ารวม = 5 มิลลิแอมแปร์

ค. แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (E)

$$V_1 = 10\text{ V} \quad \text{โจทย์กำหนดให้มา}$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
$V_2 = I_T R_2$ $= 5\text{mA} \times 3\text{k}\Omega$ $= 15\text{V}$ $V_3 = I_T R_3$ $= 5\text{mA} \times 600\Omega$ $= 3,000\text{mV}$ $= 3\text{V}$ $E = V_1 + V_2 + V_3$ $= 10\text{V} + 15\text{V} + 3\text{V}$ $= 28\text{V}$ หรือ $E = I_T R_T$ $= 5\text{mA} \times 5.6\text{k}\Omega$ $= 28\text{V}$ $\therefore$ แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (E) = 28 โวลต์ ง. กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) $P_1 = I_T V_1$ $= 5\text{mA} \times 10\text{V}$ $= 50\text{mW}$ $P_2 = I_T V_2$ $= 5\text{mA} \times 15\text{V}$ $= 75\text{mW}$ $P_3 = I_T V_3$ $= 5\text{mA} \times 3\text{V}$ $= 15\text{mW}$		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
$P_T = P_1 + P_2 + P_3$ $= 50\text{mW} + 75\text{mW} + 15\text{mW}$ $= 140\text{mW}$ $P_T = I_T E$ $= 5\text{mA} \times 28\text{V}$ $= 140\text{mW}$ หรือ $\therefore$ กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) = 140 มิลลิวัตต์ สรุป ค่าความต้านทานรวม ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมแรงดันในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์” จะหาแรงดันไฟฟ้า $E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$ กำลังไฟฟ้าที่เกิดที่โหลดแต่ละสาขาของวงจร เมื่อนำมารวมกันมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้ารวม $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$		

	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

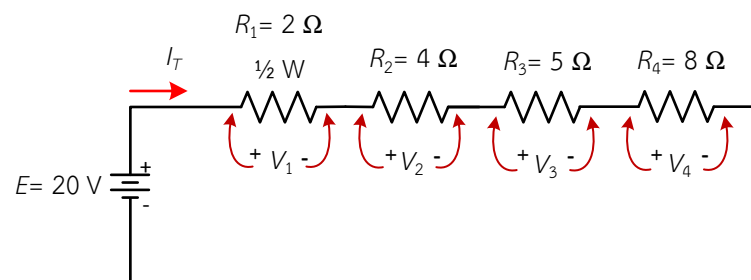
คำสั่ง จงตอบคำถามและแสดงวิธีทำให้สมบูรณ์ถูกต้อง (40 นาที)

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม คือ (5 คะแนน).....
.....
.....
2. ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีดังนี้ (5 คะแนน)
 - 2.1.....
 - 2.2.....
 - 2.3.....
 - 2.4.....

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

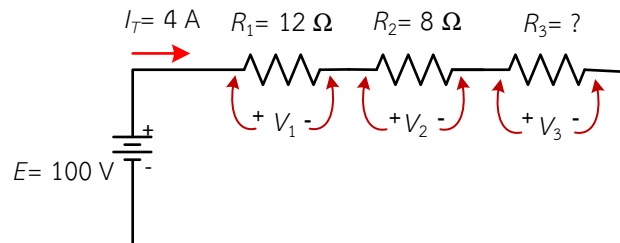
1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.12 จงคำนวณหาค่า (10 คะแนน)
 - ก. ความต้านทานรวม (R_T)
 - ข. กระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 , I_3 และ I_4
 - ค. แรงดันไฟฟ้า V_1 , V_2 , V_3 และ V_4
 - ง. กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัว และกำลังไฟฟารวม (P_1 , P_2 , P_3 , P_4 , P_T)
 - จ. กำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ของตัวต้านทาน R_1 เพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องใช้วัตต์กำลังต่ำสุดเท่าไร



รูปที่ 3.12 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.13 จงคำนวณหาค่า (10 คะแนน)
 - ก. แรงดันไฟฟ้า V_1 , V_2 และ V_3
 - ข. ความต้านทาน R_3
 - ค. ความต้านทานรวม (R_T)

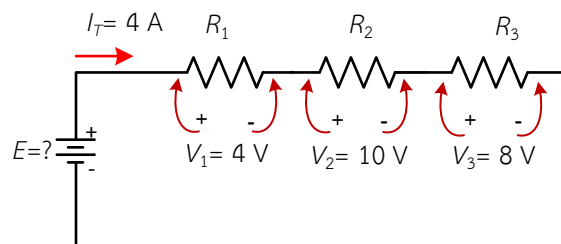
	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.13 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.14 จงคำนวณหาค่า (10 คะแนน)

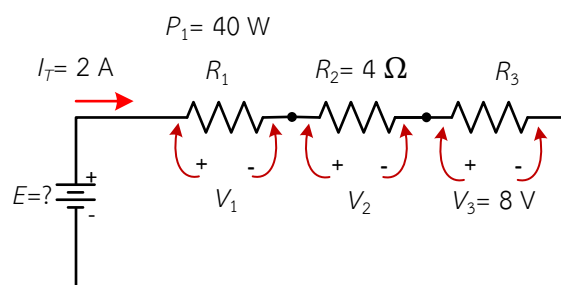
- ความต้านทาน R_1 , R_2 และ R_3
- ความต้านทานรวม (R_T)
- แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E)



รูปที่ 3.14 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.15 จงคำนวณหาค่า (10 คะแนน)

- ความต้านทาน R_1 และ R_3
- ความต้านทานรวม (R_T)
- แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2
- แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E)
- กำลังไฟฟารวม (P_T)



รูปที่ 3.15 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

	ใบประเมินผลแบบฝึกหัด		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5	
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง	

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
ตอนที่ 1			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1.	5		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2.	5		
ตอนที่ 2			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1.	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2.	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 3.	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 4.	10		
รวมคะแนน	50		
คะแนนจริง	10		

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

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

คำสั่ง จงต่อวงจร วัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมโดยใช้มัลติมิเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรอนุกรม

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียนปฏิบัติ เรื่องวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมจบแล้ว ผู้เรียนสามารถ

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ถูกต้อง

2.2 วัดหาค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ถูกต้อง

2.3 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าและความต้านทานรวมในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ถูกต้อง

2.4 ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้

3. เจตคติ คุณธรรม ค่านิยมอันพึงประสงค์

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 ความมีวินัย

3.3 การตรงต่อเวลา

3.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์

3.5 ความรู้ทักษะและวิชาชีพ

3.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้

3.7 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

3.8 ทำตามลำดับขั้น

3.9 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด

3.10 การมีส่วนร่วม

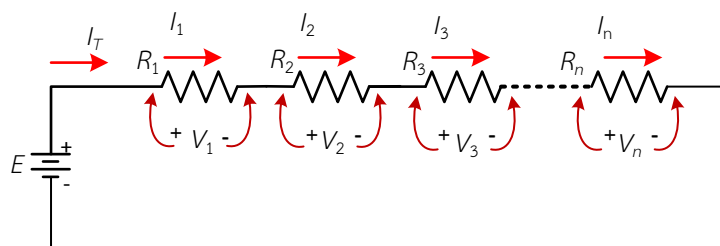
	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

เนื้อหาสาระ

จากที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับลักษณะความรู้พื้นฐานและกฎต่างที่เกี่ยวข้องกับวงจรไฟฟ้ามาแล้วนั้น ในหน่วยนี้จะกล่าวถึงลักษณะสมบัติและการคำนวณค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนเช่นกัน

1. ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

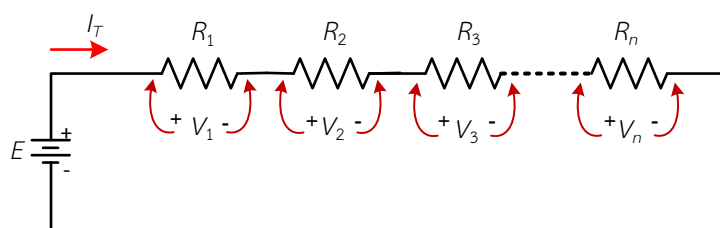
การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม หมายถึง การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกันไปบนเส้นวงจรเดียวกัน โดยปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวแรกต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สอง และปลายอีกด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สองต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สามและต่อถัดกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งค่าความต้านทานรวมได้จากผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน



รูปที่ 3.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

2. ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

2.1 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เป็นไปตามกฎของโอห์มที่กล่าวไว้ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับค่าความต้านทาน นั่นคือ ถ้าให้ค่าความต้านทานคงที่ แรงดันตกคร่อมตัวต้านทานเพิ่มขึ้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานจะเพิ่มขึ้นด้วย เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมดังรูปที่ 3.2 ดังนั้นแรงดันในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์”



รูปที่ 3.2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานวงจรอนุกรม

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

จากรูปที่ 3.2 หาแรงดันไฟฟ้า ดังนี้

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$

เมื่อ E แทน แรงดันไฟฟ้าแหล่งจ่าย

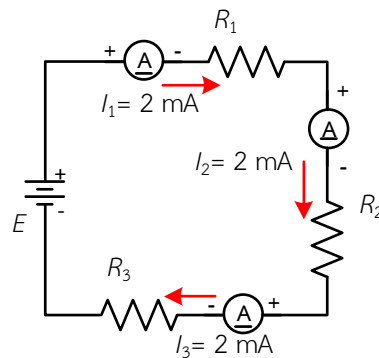
V_1 แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_1

V_2 แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_2

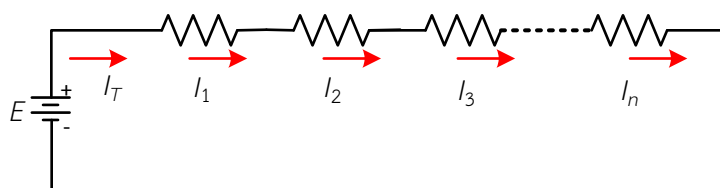
V_3 แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_3

V_n แทน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R ตัวสุดท้าย

2.2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน เช่น ถ้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า (E) จ่ายกระแสไฟฟ้า 2 มิลลิแอมป์ให้กับวงจร โดยกระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งแรงดันไฟฟ้า จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่จุดใดก็ตามจะมีค่าเท่ากับ 2 มิลลิแอมป์ทุกจุดในวงจร ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมแสดงโดยสัญลักษณ์



รูปที่ 3.4 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

จากรูปที่ 3.4 หากระแสไฟฟ้า ดังนี้

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

เมื่อ I_T แทน กระแสไฟฟ้ารวม

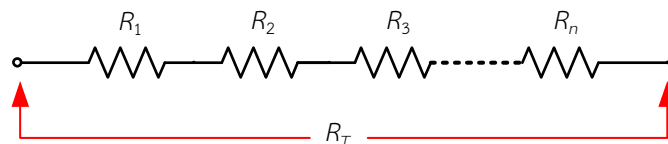
I_1 แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1

I_2 แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2

I_3 แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3

I_n แทน กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R ตัวสุดท้าย

2.3 ค่าความต้านทานรวม (R_T) ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมที่ได้จะมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ



รูปที่ 3.5 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

จากรูปที่ 3.5 หาความต้านทานรวมได้ ดังนี้

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

เมื่อ R_T = ความต้านทานรวม

R_1, R_2, R_3 = ความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว

2.4 กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานในแต่ละตัวในวงจร เมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าทั้งหมดของวงจร

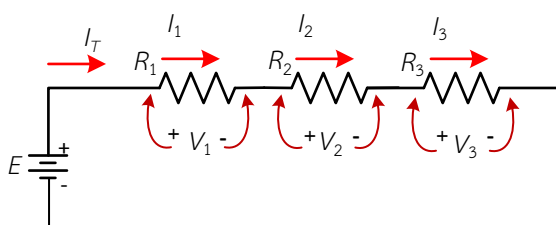
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$

เมื่อ P_1 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_1

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

P_2 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_2
 P_3 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_3
 P_n แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R ตัวสุดท้าย

3. การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



รูปที่ 3.6 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จากรูปที่ 3.6 คำนวณหาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้

หาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจร จากลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมที่แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าแตกต่างกันและสามารถนำกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์” และนำกฎของโอห์มมาใช้หาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

(3-1)

$$V_1 = I_T R_1 = I_1 R_1$$

(3-2)

$$V_2 = I_T R_2 = I_2 R_2$$

(3-3)

$$V_3 = I_T R_3 = I_3 R_3$$

(3-4)

หาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร ได้จาก

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

(3-5)

$$\frac{E}{R_T} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_3}{R_3}$$

(3-6)

	ใบงานที่ 3		
	รหัส 2104-2002	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม		จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม		

หาค่าความต้านทานรวม ได้จาก

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 \tag{3-7}$$

หาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟ้ารวม ได้จาก

$$P_1 = I_1 V_1 = I_1^2 R_1 = \frac{V_1^2}{R_1} \tag{3-8}$$
$$P_2 = I_2 V_2 = I_2^2 R_2 = \frac{V_2^2}{R_2} \tag{3-9}$$
$$P_3 = I_3 V_3 = I_3^2 R_3 = \frac{V_3^2}{R_3} \tag{3-10}$$
$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \tag{3-11}$$

หรือ

$$P_T = I_T E \tag{3-12}$$

เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล	จำนวน	1	เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0 – 30 V	จำนวน	1	เครื่อง
3. แผงประกอบวงจร	จำนวน	1	แผง
4. ตัวต้านทาน 100 Ω	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน 220 Ω	จำนวน	1	ตัว
6. ตัวต้านทาน 1 kΩ	จำนวน	1	ตัว
7. สายต่อวงจร	จำนวน	10	เส้น
8. สายปากคีบ	จำนวน	10	เส้น

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

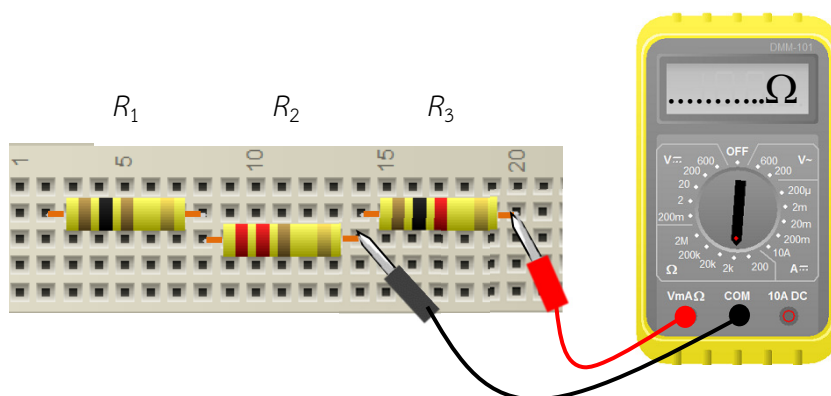
1. ต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมบนแผงทดลองตามรูป 3.7 ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 3.8 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1



$R_1 = 100 \, \Omega \qquad R_2 = 220 \, \Omega \qquad R_3 = 1 \, \text{k}\Omega$

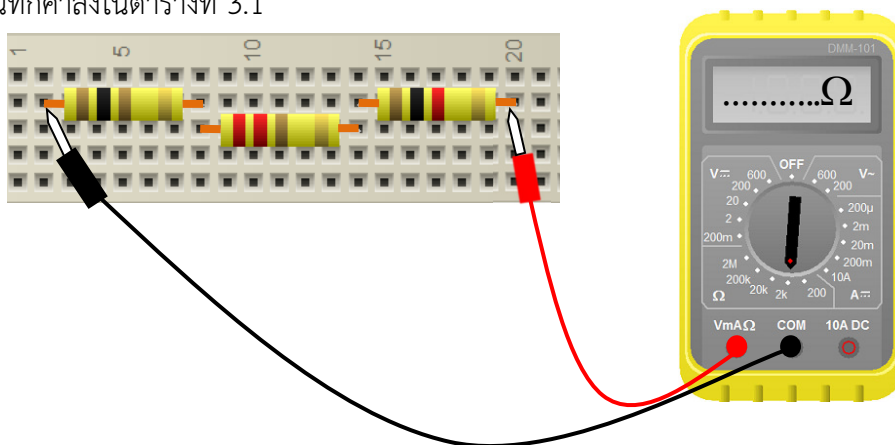
รูปที่ 3.7 ต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	



รูปที่ 3.8 วัดค่าความต้านทานแต่ละตัวแสดงเป็นรูปเสมือน

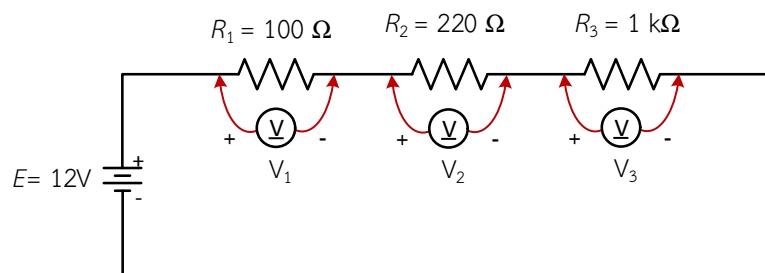
2. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานรวมของวงจร บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1



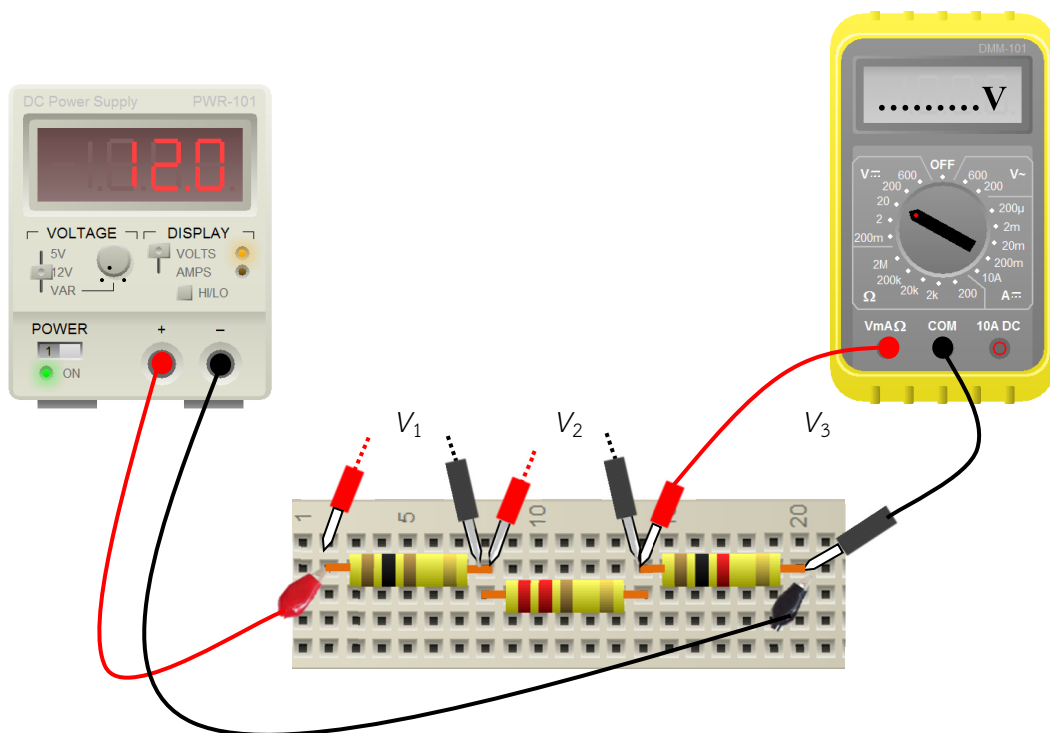
รูปที่ 3.9 วัดค่าความต้านทานรวมของวงจรแสดงเป็นรูปเสมือน

3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.10 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยปรับให้ $E = 12\text{ V}$ ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย E และวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว คือ V_1 , V_2 และ V_3 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	



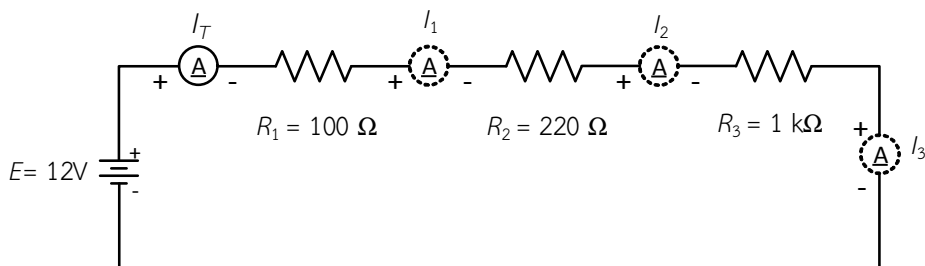
รูปที่ 3.10 วัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมแสดงเป็นสัญลักษณ์



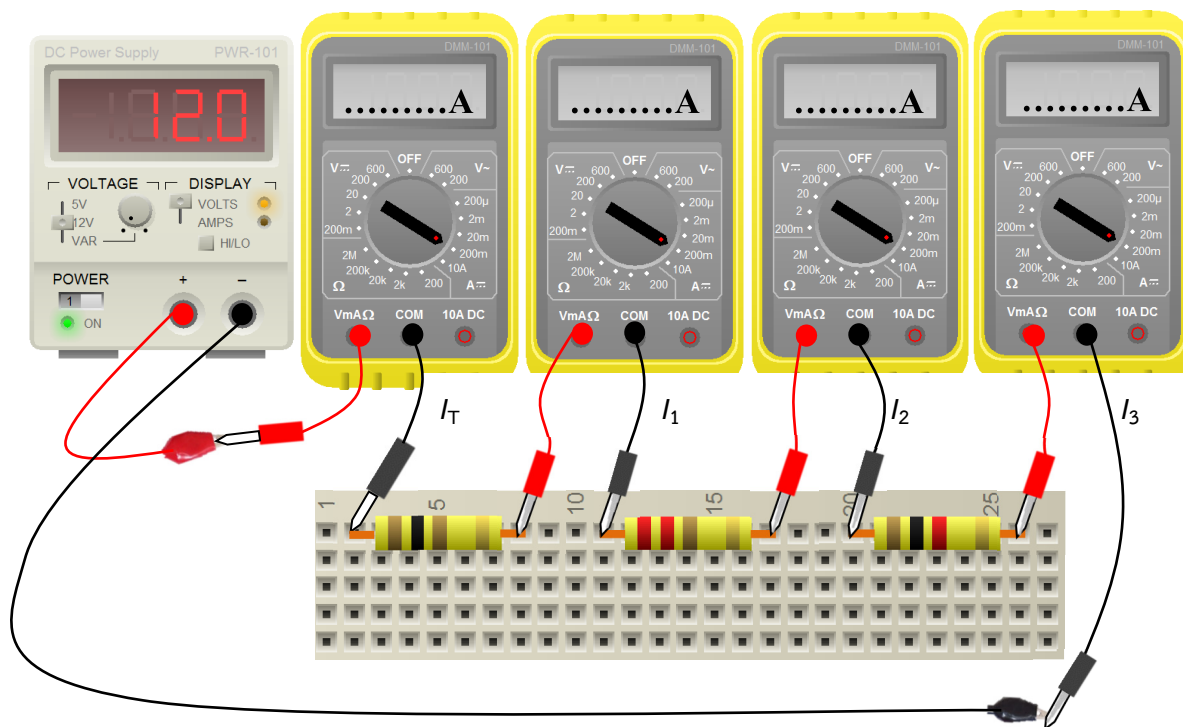
รูปที่ 3.11 วัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมแสดงเป็นรูปเสมือน

4. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.12 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยปรับให้ $E = 12\text{ V}$ วัดกระแสไฟฟ้ารวม I_T และวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว คือ I_1 , I_2 และ I_3 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	



รูปที่ 3.12 วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมแสดงเป็นสัญลักษณ์



รูปที่ 3.13 ตัวอย่างวัดกระแสไฟฟ้าแสดงเป็นรูปเสมือน

5. คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตามกำหนดในตารางที่ 3.1 นำค่าที่ได้บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_T	หน่วย
การวัด					Ω
ผลการทดลองจาก	V_1	V_2	V_3	E	หน่วย
การวัด					V
การคำนวณ					V
ผลการทดลองจาก	I_1	I_2	I_3	I_T	หน่วย
การวัด					mA
การคำนวณ					mA
ผลการทดลองจาก	P_1	P_2	P_3	P_T	หน่วย
การคำนวณ					

6. เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

6.1 ผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

.....

.....

.....

6.2 ผลการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ

.....

.....

.....

7. นำผลการทดลองจากตารางที่ 3.1 มาพิสูจน์ตามสมบัติวงจรขนานดังนี้

จากสมการที่ 3-1 $E = V_1 + V_2 + V_3$

.....

.....

.....

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

จากสมการที่ 3-5 $I_T = I_1 = I_2 = I_3$

.....

.....

.....

จากสมการที่ 3-11 $P_T = P_1 + P_2 + P_3$

.....

.....

.....

ข้อควรระวัง

1. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ต้องใช้ย่านวัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับค่าที่ต้องการวัด
2. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ต้องต่อสายให้ถูกขั้ว มิฉะนั้นมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลอาจเสียหาย และจะทำให้ค่าที่มีผลเป็นค่าลบได้
3. ในการวัดทุกครั้ง ไม่ควรสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของสายวัด เพราะจะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนสูง
4. ขณะทำการประกอบวงจรหรือเปลี่ยนจุดทดลองควรปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทุกครั้งเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

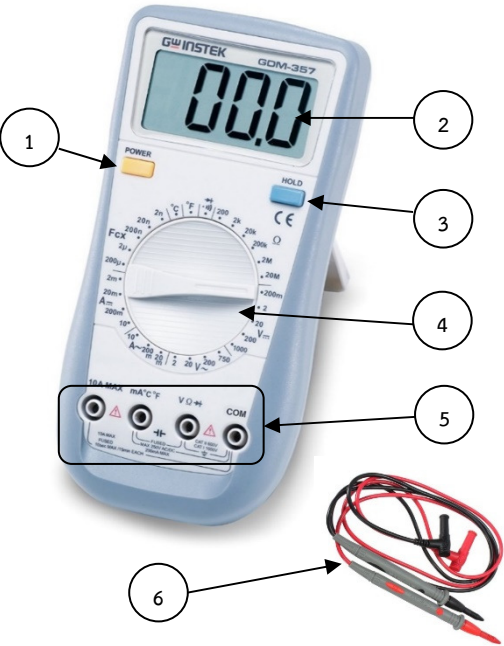
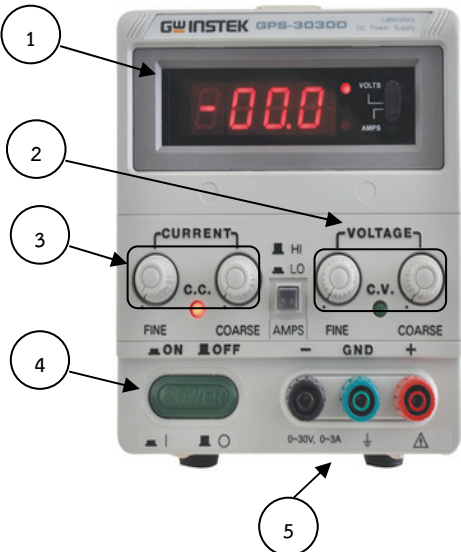
.....

.....

	ใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

ใบตรวจสอบสภาพเครื่องมือ

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

ข้อมูลมัลติมิเตอร์ ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ.....รุ่น.....				รูปภาพดิจิทัลมัลติมิเตอร์																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ตำแหน่ง</th> <th rowspan="2">รายการตรวจสอบสภาพ</th> <th colspan="2">สภาพก่อนใช้งาน</th> <th colspan="2">สภาพหลังใช้งาน</th> </tr> <tr> <th>ดี</th> <th>เสีย</th> <th>ดี</th> <th>เสีย</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>สวิตช์เปิดปิดเครื่อง</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>จอแสดงผล</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>ปุ่มลือคค่า</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>สวิตช์เลือกย่านวัด</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>ขั้วเสียบสายวัด</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>สายวัด</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	ตำแหน่ง	รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน		ดี	เสีย	ดี	เสีย	1	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง					2	จอแสดงผล					3	ปุ่มลือคค่า					4	สวิตช์เลือกย่านวัด					5	ขั้วเสียบสายวัด					6	สายวัด									
ตำแหน่ง			รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน																																													
	ดี	เสีย		ดี	เสีย																																														
1	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง																																																		
2	จอแสดงผล																																																		
3	ปุ่มลือคค่า																																																		
4	สวิตช์เลือกย่านวัด																																																		
5	ขั้วเสียบสายวัด																																																		
6	สายวัด																																																		
สรุปการตรวจสอบสภาพมัลติมิเตอร์ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้																																																			
ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟ DC ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง ยี่ห้อ.....รุ่น.....				รูปภาพแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC)																																															
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">ตำแหน่ง</th> <th rowspan="2">รายการตรวจสอบสภาพ</th> <th colspan="2">สภาพก่อนใช้งาน</th> <th colspan="2">สภาพหลังใช้งาน</th> </tr> <tr> <th>ดี</th> <th>เสีย</th> <th>ดี</th> <th>เสีย</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>จอแสดงผล</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>ชุดปุ่มปรับแรงดัน</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>ชุดปุ่มปรับกระแส</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>สวิตช์เปิดปิดเครื่อง</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>ขั้ว บวก กราวด์ ลบ</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	ตำแหน่ง	รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน		ดี	เสีย	ดี	เสีย	1	จอแสดงผล					2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน					3	ชุดปุ่มปรับกระแส					4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง					5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ															
ตำแหน่ง			รายการตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อนใช้งาน		สภาพหลังใช้งาน																																													
	ดี	เสีย		ดี	เสีย																																														
1	จอแสดงผล																																																		
2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน																																																		
3	ชุดปุ่มปรับกระแส																																																		
4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง																																																		
5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ																																																		
สรุปการตรวจสอบสภาพแหล่งจ่ายไฟ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้																																																			

	ใบประเมินผลใบงานที่ 3		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5	
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	คะแนนเต็ม	
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	95 คะแนน	

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
2. วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทาน	10		
3. วัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว	10		
4. วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว	10		
5. คำนวณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า	10		
6. เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ	5		
7. นำผลการทดลองจากตารางที่ 3.1 มาพิสูจน์ตามสมบัติ วงจรอนุกรม	15		
8. สรุปผลการทดลอง	10		
9. ตอบคำถามท้ายการทดลอง	15		
10. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
รวมคะแนน	95		

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

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	คะแนนเต็ม
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	95 คะแนน
รายการประเมินผล 1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน 2. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว และต่อวงจรแบบขนานตามรูปที่ 3.7 วัดค่าความต้านทานรวม บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 คะแนนเต็ม 10 คะแนน วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว และต่อวงจรแบบอนุกรม ตามรูปที่ 3.7 วัดค่าความต้านทานรวม บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 ถูกต้องให้ 10 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.10 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยปรับให้ $E = 12\text{ V}$ วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย E และวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว คือ V_1, V_2 และ V_3 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 คะแนนเต็ม 10 คะแนน ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.10 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยปรับให้ $E = 12\text{ V}$ วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย E และวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว คือ V_1, V_2 และ V_3 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 ถูกต้องให้ 10 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 4. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.12 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยปรับให้ $E = 12\text{ V}$ วัดกระแสไฟฟ้ารวม I_T และวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว คือ I_1, I_2 และ I_3 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 คะแนนเต็ม 10 คะแนน ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 3.12 จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร โดยปรับให้ $E = 12\text{ V}$ วัดกระแสไฟฟ้ารวม I_T และวัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว คือ I_1, I_2 และ I_3 บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 ถูกต้องให้ 10 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 5. คำนวณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตามกำหนดในตารางที่ 3.1 นำค่าที่ได้บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 คะแนนเต็ม 10 คะแนน คำนวณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตามกำหนดในตารางที่ 4.1 นำค่าที่ได้ บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1 ถูกต้องให้ 10 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 3 คะแนน 6. เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน		

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	คะแนนเต็ม
	เรื่อง วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	95 คะแนน
7. นำผลการทดลองจากตารางที่ 3.1 มาพิสูจน์ตามสมบัติวงจรอนุกรม คะแนนเต็ม 15 คะแนน นำผลการทดลองจากตารางที่ 3.1 มาพิสูจน์ตามสมบัติวงจรอนุกรมถูกต้องครบคุณสมบัติทุกข้อให้ 15 คะแนน ไม่ถูกต้องครบคุณสมบัติทุกข้อให้ตัดคะแนนข้อละ 5 คะแนน 8. สรุปผลการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน สรุปผลการทดลองครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ 10 คะแนน ไม่ครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตัดคะแนนข้อละ 3 คะแนน 9. ตอบคำถามท้ายการทดลอง คะแนนเต็ม 15 คะแนน ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกทุกข้อให้ 15 คะแนน ผิด ตัดคะแนนข้อละ 5 คะแนน 10. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนข้อละ 1 คะแนน		

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

คำชี้แจง

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

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1. บอกความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

1. ข้อใดคือลักษณะของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

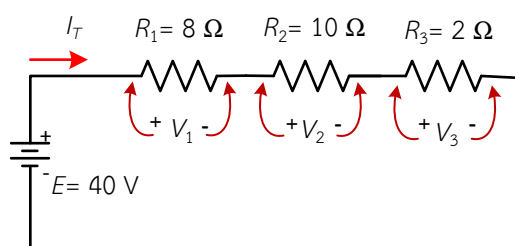
- ก. แรงดันไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าป้อนให้กับโหลดที่ต่อเรียงกัน
- ข. โหลดตั้งแต่สองตัวขึ้นไป ต่อเรียงกันไป
- ค. โหลดตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป ต่อร่วมกันระหว่างจุดสองจุด
- ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2. บอกลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

2. ข้อใดคือลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

- ก. เมื่อต่อตัวต้านทานอนุกรมเพิ่มขึ้น ความต้านทานรวมจะลดลง
- ข. ตัวต้านทานที่มีค่ามาก แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมจะมีค่าน้อย
- ค. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน
- ง. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวมีค่าเท่ากัน

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อที่ 3-6



รูปที่ 1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 3-6

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณหาความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

3. ความต้านทานรวมในวงจรมีค่าเท่าไร

- ก. 40 Ω
- ข. 20 Ω
- ค. 14 Ω
- ง. 5 Ω

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

4. กระแสไฟฟ้ามามีค่าเท่าไร

- ก. 4 A
- ข. 3 A
- ค. 2 A
- ง. 1 A

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

5. แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทาน R_3 มีค่าเท่าไร

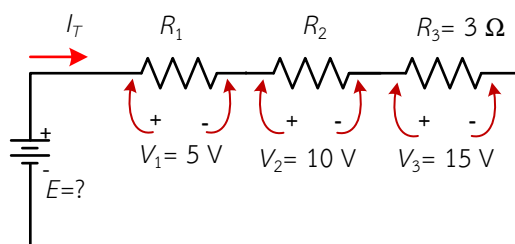
- ก. 10 V
- ข. 8 V
- ค. 7 V
- ง. 4 V

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 6. คำนวณหาค่ากำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

6. กำลังไฟฟ้ามามีค่าเท่าไร

- ก. 80 W
- ข. 60 W
- ค. 20 W
- ง. 15 W

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อที่ 7-10



รูปที่ 2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-10

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

7. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 มีค่าเท่าไร

- ก. 1.6 A
- ข. 3.3 A
- ค. 5 A
- ง. 6.6 A

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 8.แรงดันไฟฟ้ารวมมีค่าเท่าไร ก. 3 V ข. 10 V ค. 25 V ง. 30 V วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณหาค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 9. ตัวต้านทาน R_2 มีค่าความต้านทานเท่าไร ก. 15 Ω ข. 5 Ω ค. 2 Ω ง. 1 Ω วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 6. คำนวณหากำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้ 10.กำลังไฟฟ้าที่ R_1 มีค่าเท่าไร ก. 1 W ข. 25 W ค. 125 W ง. 150 W		

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้น

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

สรุปผล

เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

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

	ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

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

หมายเหตุ การประเมินสามารถทำได้ตั้งแต่ข้อหรือหลายข้อและทำได้ทั้งขณะก่อนหรือระหว่าง หรือหลังเรียน
เกณฑ์การประเมิน

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

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

	เอกสารอ้างอิง	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
ขัด อินทะสี. (2540). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพรินต์ติ้ง. ธารรงค์ดี หมีนกำหรีม. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. บรรจง จันทมาศ. (2557). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. พิมพ์ครั้งที่ 23. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์. บุญล้ำ ศักดิภัทรนนท์. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. ไมตรี วรุฒิจรรยากุล. (2553). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุงใหม่). พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพรส. วราภรณ์ ทุมชาติ. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: รัตนโรจน์การพิมพ์. วิษณุ บัวเทศ. (2558). การวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ปัญญาชน. วิโรจน์ รัตนวิจารณ์. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ส.เต็มรักการพิมพ์. ไวพจน์ ศรีธัญ และคณิศร จันทโรสดา. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เอสเคเอส อินเตอร์ การพิมพ์ ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. Charles K. Alexander, Matthew N.O. Sadiku. (2004). Fundamentals of Electric Circuits. Second Edition. Singapore : McGraw-Hill. Meade, Russell. (2005). Foundations of Electronics : Circuits and Devices. Singapore : Thomson Learning. Tony R. Kuphaldt. Lessons In Electric Circuits, Volume I-DC. [online]. Available from : http://www.openbookproject.net//electricCircuits/DC/DC.pdf (12 Mar 2016).		

ภาคผนวก

เฉลยแบบฝึกหัด

เฉลยใบงาน

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน

ใบสรุปการประเมินผล

สื่อ Power Point

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมคือการนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกันไปบนเส้นวงจรเดียวกัน โดยปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวแรกต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สอง และปลายอีกด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สองต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สามและต่อถัดกันไปเรื่อย ๆ
2. ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม มีดังนี้
 - 2.1 ค่าความต้านทานรวม ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$
 - 2.2 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมแรงดันในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆจะมีค่าเท่ากับศูนย์” จะหาแรงดันไฟฟ้าได้

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$
 - 2.3 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$
 - 2.4 กำลังไฟฟ้าที่เกิดที่โหลดแต่ละสาขาของวงจร เมื่อนำมารวมกันมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟารวม

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.12 จงคำนวณหาค่า
 - ก. ความต้านทานรวม (R_T)
 - ข. กระแสไฟฟ้า I_T, I_1, I_2, I_3 และ I_3
 - ค. แรงดันไฟฟ้า V_1, V_2, V_3 และ V_4
 - ง. กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัว และกำลังไฟฟารวม (P_1, P_2, P_3, P_4, P_T)
 - จ. กำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ของตัวต้านทาน R_1 เพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องใช้้อัตรากำลังต่ำสุดเท่าไร



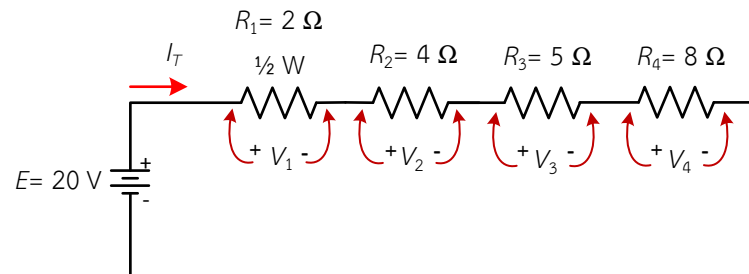
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 5

หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.12 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

วิธีทำ

ก. ความต้านทานรวม (R_T)

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 + R_4 \\ &= 2\Omega + 4\Omega + 5\Omega + 8\Omega \\ &= 19\Omega \end{aligned}$$

$\therefore$ ความต้านทานรวม = 19 โอห์ม

ข. กระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 , I_3 และ I_4

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

$$\begin{aligned} I_T &= \frac{E}{R_T} \\ &= \frac{20V}{19\Omega} \\ &= 1.05A \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้า I_T , I_1 , I_2 , I_3 และ I_4 = 1.05 แอมแปร์

ค. แรงดันไฟฟ้า V_1 , V_2 , V_3 และ V_4

$$\begin{aligned} V_1 &= I_T R_1 \\ &= 1.05A \times 2\Omega \\ &= 2.1V \\ V_2 &= I_T R_2 \\ &= 1.05A \times 4\Omega \\ &= 4.2V \end{aligned}$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
$V_3 = I_T R_3$ $= 1.05 \text{ A} \times 5 \Omega$ $= 5.25 \text{ V}$ $V_4 = I_T R_4$ $= 1.05 \text{ mA} \times 8 \Omega$ $= 8.4 \text{ V}$ $\therefore$ แรงดันไฟฟ้า $V_1 = 2.1$ โวลต์ แรงดันไฟฟ้า $V_2 = 4.2$ โวลต์ แรงดันไฟฟ้า $V_3 = 5.3$ โวลต์ แรงดันไฟฟ้า $V_4 = 8.4$ โวลต์ ง. กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัว และกำลังไฟฟารวม (P_1, P_2, P_3, P_4, P_T) $P_1 = I_T V_1$ $= 1.05 \text{ A} \times 2.1 \text{ V}$ $= 2.21 \text{ W}$ $P_2 = I_T V_2$ $= 1.05 \text{ A} \times 4.2 \text{ V}$ $= 4.41 \text{ W}$ $P_3 = I_T V_3$ $= 1.05 \text{ A} \times 5.3 \text{ V}$ $= 5.57 \text{ W}$ $P_4 = I_T V_4$ $= 1.05 \text{ A} \times 8.4 \text{ V}$ $= 8.82 \text{ W}$ $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4$ $= 2.21 \text{ W} + 4.41 \text{ W} + 5.57 \text{ W} + 8.82 \text{ W}$ $= 21.01 \text{ W}$		

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$\begin{aligned}
 \text{หรือ } P_T &= I_T E \\
 &= 1.05 \text{ A} \times 20 \text{ V} \\
 &= 21 \text{ W}
 \end{aligned}$$

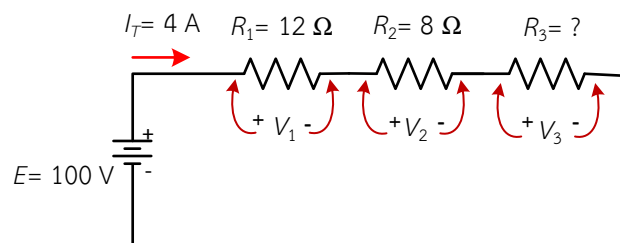
$$\begin{aligned}
 \therefore \text{กำลังไฟฟ้า } P_1 &= 2.21 \text{ วัตต์} \\
 \text{กำลังไฟฟ้า } P_2 &= 4.41 \text{ วัตต์} \\
 \text{กำลังไฟฟ้า } P_3 &= 5.57 \text{ วัตต์} \\
 \text{กำลังไฟฟ้า } P_4 &= 8.82 \text{ วัตต์} \\
 \text{กำลังไฟฟารวม } (P_T) &= 21 \text{ วัตต์}
 \end{aligned}$$

จ. กำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ของตัวต้านทาน R_1 เพียงพอหรือไม่ ถ้าไม่เพียงพอต้องใช้วัตต์กำลังต่ำสุดเท่าไร

R_1 ถ้าใช้ตัวต้านทานขนาด $\frac{1}{2} \text{ W}$ หรือ 0.5 W จะมีอัตราทนกำลังได้ไม่เพียงพอกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้น 2.21 W เมื่อนำไปประกอบวงจรทำให้ R_1 เกิดความเสียหายหรือไม่ได้ดังนั้นจึงควรเลือกใช้ตัวต้านทานมีอัตราทนกำลังอย่างต่ำ 3 W

2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.13 จงคำนวณหาค่า

- แรงดันไฟฟ้า V_1 , V_2 และ V_3
- ความต้านทาน R_3
- ความต้านทานรวม (R_T)



รูปที่ 3.13 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 \text{ก. แรงดันไฟฟ้า } V_1, V_2 \text{ และ } V_3 \\
 V_1 &= I_T R_1 \\
 &= 4 \text{ A} \times 12 \Omega \\
 &= 48 \text{ V}
 \end{aligned}$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$V_2 = I_T R_2$$

$$= 4 \text{ A} \times 8 \Omega$$

$$= 32 \text{ V}$$

จาก $E = V_1 + V_2 + V_3$

$$V_3 = E - (V_1 + V_2)$$

$$= 100 \text{ V} - (48 \text{ V} + 32 \text{ V})$$

$$= 20 \text{ V}$$

$\therefore$ แรงดันไฟฟ้า $V_1 = 48$ โวลต์
 แรงดันไฟฟ้า $V_2 = 32$ โวลต์
 แรงดันไฟฟ้า $V_3 = 20$ โวลต์

ข. ความต้านทาน R_3

$$R_3 = \frac{V_3}{I_T}$$

$$= \frac{20 \text{ V}}{4 \text{ A}}$$

$$= 5 \Omega$$

$\therefore$ ความต้านทาน $R_3 = 5$ โอห์ม

ค. ความต้านทานรวม (R_T)

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 12 \Omega + 8 \Omega + 5 \Omega$$

$$= 25 \Omega$$

$\therefore$ ความต้านทานรวม $= 25$ โอห์ม

3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.14 จงคำนวณหาค่า

ก. ความต้านทาน R_1 , R_2 และ R_3

ข. ความต้านทานรวม (R_T)

ค. แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E)



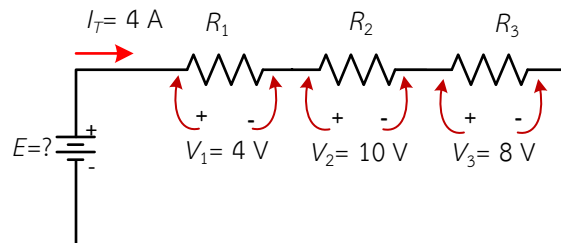
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 5

หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 3.14 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

ก. ความต้านทาน R_1 , R_2 และ R_3

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{V_1}{I_T} \\ &= \frac{4 \text{ V}}{4 \text{ A}} \\ &= 1 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_2 &= \frac{V_2}{I_T} \\ &= \frac{10 \text{ V}}{4 \text{ A}} \\ &= 2.5 \Omega \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_3 &= \frac{V_3}{I_T} \\ &= \frac{8 \text{ V}}{4 \text{ A}} \\ &= 2 \Omega \end{aligned}$$

$\therefore$ ความต้านทาน $R_1 = 1$ โอห์ม
 ความต้านทาน $R_2 = 2.5$ โอห์ม
 ความต้านทาน $R_3 = 2$ โอห์ม

ข. ความต้านทานรวม (R_T)

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 1 \Omega + 2.5 \Omega + 2 \Omega \end{aligned}$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= 5.5 \Omega$$

$$\therefore \text{ความต้านทานรวม} = 5.5 \text{ โอห์ม}$$

ค. แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E)

$$E = I_T R_T$$

$$= 4 \text{ A} \times 5.5 \Omega$$

$$= 22 \text{ V}$$

$$\therefore \text{ความต้านทานรวม} = 22 \text{ โวลต์}$$

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 3.15 จงคำนวณหาค่า

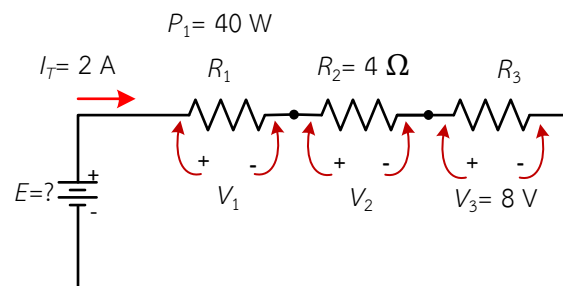
ก. ความต้านทาน R_1 และ R_3

ข. ความต้านทานรวม (R_T)

ค. แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2

ง. แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E)

จ. กำลังไฟฟ้ารวม (P_T)



รูปที่ 3.15 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

วิธีทำ

ก. ความต้านทาน R_1 และ R_3

$$\text{จาก } P_1 = I_T^2 R_1$$

$$R_1 = \frac{P_1}{I_T^2}$$

$$= \frac{40 \text{ W}}{(2 \text{ A})^2}$$

$$= 10 \Omega$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

$\therefore$ ความต้านทาน $R_1 = 10 \text{ โอห์ม}$

$$R_3 = \frac{V_3}{I_T}$$

$$= \frac{8 \text{ V}}{2 \text{ A}}$$

$$= 4 \Omega$$

$\therefore$ ความต้านทาน $R_1 = 4 \text{ โอห์ม}$

ข. ความต้านทานรวม (R_T)

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

$$= 10 \Omega + 4 \Omega + 4 \Omega$$

$$= 18 \Omega$$

$\therefore$ ความต้านทานรวม (R_T) = 4 โอห์ม

ค. แรงดันไฟฟ้า V_1 และ V_2

$$V_1 = I_T R_1$$

$$= 2 \text{ A} \times 10 \Omega$$

$$= 20 \text{ V}$$

$$V_2 = I_T R_2$$

$$= 2 \text{ A} \times 4 \Omega$$

$$= 8 \text{ V}$$

$\therefore$ แรงดันไฟฟ้า $V_1 = 48 \text{ โวลต์}$
 แรงดันไฟฟ้า $V_2 = 32 \text{ โวลต์}$

ง. แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E)

$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= 20 \text{ V} + 8 \text{ V} + 8 \text{ V}$$

$$= 33 \text{ V}$$

$\therefore$ แรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่าย (E) = 33 โวลต์

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
จ. กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) $P_T = I_T E$ $= 2 \text{ A} \times 33 \text{ V}$ $= 66 \text{ W}$ $\therefore$ กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) = 66 วัตต์		

	เฉลยใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_T	หน่วย
การวัด	100	220	1000	1320	Ω
ผลการทดลองจาก	V_1	V_2	V_3	E	หน่วย
การวัด	0.91	1.99	9.09	12	V
การคำนวณ	0.91	1.99	9.09	11.99	V
ผลการทดลองจาก	I_1	I_2	I_3	I_T	หน่วย
การวัด	9.09	9.09	9.09	9.09	mA
การคำนวณ	9.09	9.09	9.09	9.09	mA
ผลการทดลองจาก	P_1	P_2	P_3	P_T	หน่วย
การคำนวณ	8.27	18.09	82.63	108.99	mW

6. คำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า ค่ากระแสไฟฟ้า และค่ากำลังไฟฟ้า ตามกำหนดในตารางที่ 3.1 นำค่าที่ได้บันทึกค่าลงในตารางที่ 3.1

แสดงวิธีคำนวณค่าแรงดันไฟฟ้า

$$V_1 = I_1 R_1 = 9.09 \text{ mA} \times 100 \Omega = 0.91 \text{ V}$$

$$V_2 = I_2 R_2 = 9.09 \text{ mA} \times 200 \Omega = 1.99 \text{ V}$$

$$V_3 = I_3 R_3 = 9.09 \text{ mA} \times 1,000 \Omega = 9.09 \text{ V}$$

$$E = I_T R_T = 9.09 \text{ mA} \times 1,320 \Omega = 11.99 \text{ V}$$

แสดงวิธีคำนวณค่ากระแสไฟฟ้า

$$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{0.91 \text{ V}}{100 \Omega} = 0.0091 \text{ A} = 9.1 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{1.99 \text{ V}}{220 \Omega} = 0.009045 \text{ A} = 9.1 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{V_3}{R_3} = \frac{9.09 \text{ V}}{1,000 \Omega} = 0.00909 \text{ A} = 9.1 \text{ mA}$$

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 9.1 \text{ mA}$$

	เฉลยใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
แสดงวิธีคำนวณค่ากำลังไฟฟ้า $P_1 = I_1 V_1 = 9.1 \text{ mA} \times 0.91 \text{ V} = 8.281 \text{ mW}$ $P_2 = I_2 V_2 = 9.1 \text{ mA} \times 1.99 \text{ V} = 18.109 \text{ mW}$ $P_3 = I_3 V_3 = 9.1 \text{ mA} \times 9.09 \text{ V} = 82.719 \text{ mW}$ $P_T = P_1 + P_2 + P_3 = 8.281 \text{ mW} + 18.109 \text{ mW} + 82.719 \text{ mW} = 109.109 \text{ mW}$ หรือ $P_T = I_T E = 9.1 \text{ mA} \times 12 \text{ V} = 109.2 \text{ mW}$ 7. เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ 7.1 ผลการเปรียบเทียบค่าแรงดันไฟฟ้า ค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ผลค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการวัดมีค่าใกล้เคียงกัน หรือ อาจมีค่าเท่ากับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ เกิดจากการทดลองค่าอาจมีความผิดพลาดอยู่ในตัวอุปกรณ์ หรือเครื่องมือ 7.2 ผลการเปรียบเทียบค่ากระแสไฟฟ้า ค่าที่ได้จากการวัดกับค่าที่ได้จากการคำนวณ ผลค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการวัดมีค่าใกล้เคียงกัน หรือ อาจมีค่าเท่ากับค่ากระแสไฟฟ้าที่ได้จากการคำนวณ เกิดจากการทดลองค่าอาจมีความผิดพลาดอยู่ในตัวอุปกรณ์ หรือเครื่องมือ 8. นำผลการทดลองจากตารางที่ 3.1 มาพิสูจน์ตามสมบัติวงจรขนานดังนี้ จากสมการ $E = V_1 + V_2 + V_3$ $\therefore E = 0.91 \text{ V} + 1.99 \text{ V} + 9.09 \text{ V} = 11.99 \text{ V}$ จากสมการ $I_T = I_1 = I_2 = I_3$ $\therefore I_T = I_1 = I_2 = I_3 = 9.1 \text{ mA}$ จากสมการ $P_T = P_1 + P_2 + P_3$ $P_T = P_1 + P_2 + P_3$ $\therefore = 8.281 \text{ mW} + 18.109 \text{ mW} + 82.719 \text{ mW}$ $= 109.109 \text{ mW}$		

	เฉลยใบงานที่ 3	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง
สรุปผลการทดลอง ค่าความต้านทานรวม ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$ แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมแรงดันไฟฟ้าในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์หาแรงดันไฟฟ้าได้ $E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$ กำลังไฟฟ้าที่เกิดที่โหลดแต่ละสาขาของวงจร เมื่อนำมารวมกันมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้ารวม $P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$ คำถามท้ายการทดลอง - เมื่อนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมกัน ผลของค่าความต้านทานรวมในวงจรจะเป็นอย่างไร ค่าความต้านทานรวม ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน - ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรอนุกรม มีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่แหล่งจ่ายไฟฟ้า จริงหรือไม่ เพราะอะไร ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมในวงจรอนุกรม มีค่าเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่ายไฟฟ้าจริง เพราะแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมแรงดันไฟฟ้าในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆจะมีค่าเท่ากับศูนย์หาแรงดันไฟฟ้า $E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$ - กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรอนุกรมมีค่าเท่ากันจริงหรือไม่ เพราะอะไร กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัวในวงจรอนุกรมมีค่าเท่ากันจริง เพราะกระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน $I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$		



ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน

รหัสวิชา 2104-2002 วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 3

ชื่อหน่วย วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จำนวน 14 ข้อ

ก่อนเรียน

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

หลังเรียน

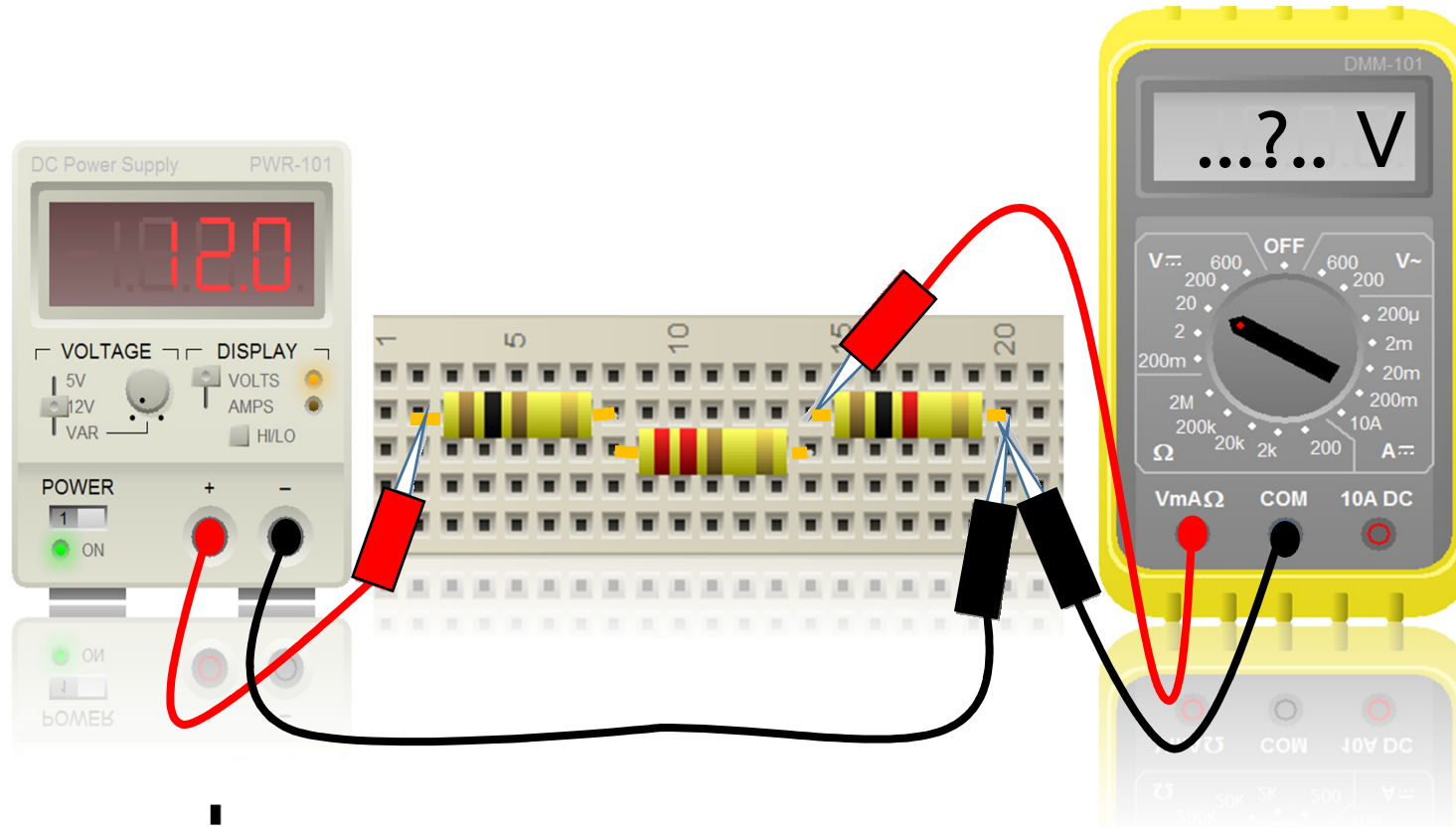
ข้อ	เฉลย
1	ก
2	ง
3	ข
4	ค
5	ง
6	ก
7	ค
8	ง
9	ค
10	ข

	ใบสรุปการประเมินผล	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 5
	หน่วยที่ 3 : วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม	จำนวน 4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1. แบบทดสอบก่อนเรียน	10	
2. ใบแบบฝึกหัด	50	
3. ใบงาน	95	
4. แบบทดสอบหลังเรียน	10	
5. คุณธรรม จริยธรรม	30	
รวมคะแนน	195	

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



หน่วยที่ 3 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสดตรง 2104-2002

จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน

•จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีความรู้และเข้าใจการต่อวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมการคำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า ความต้านทาน และกำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

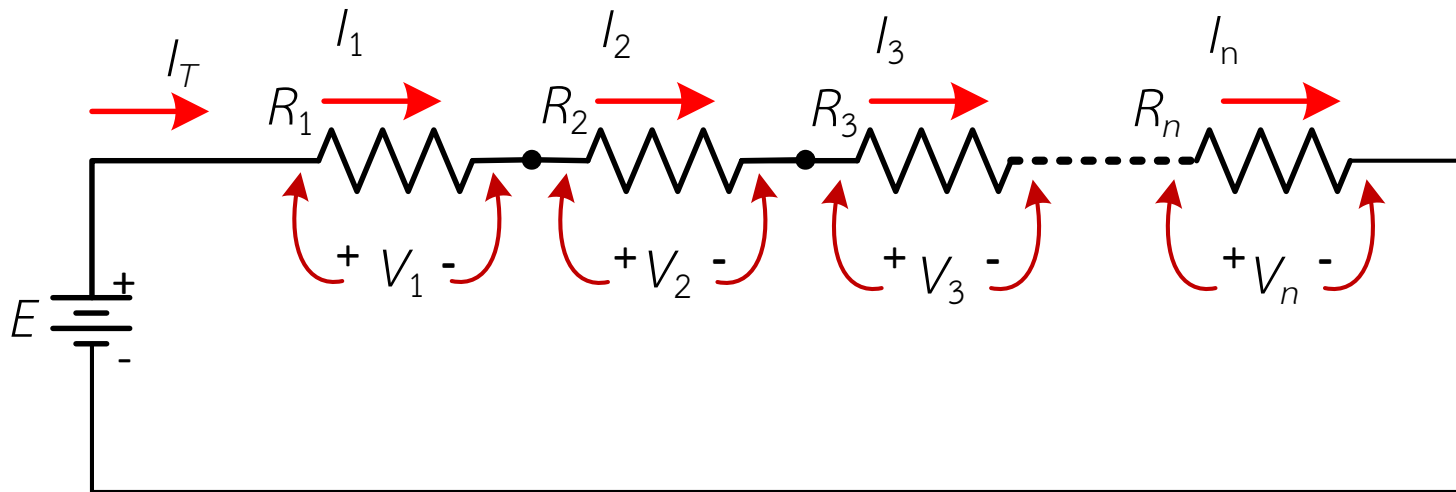
1. บอกความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
2. บอกลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
3. คำนวณหาค่าความต้านทานในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
4. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
5. คำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้
6. คำนวณหากำลังไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรมได้

สาระการเรียนรู้

- 3.1 ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม
- 3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.1 ความหมายของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

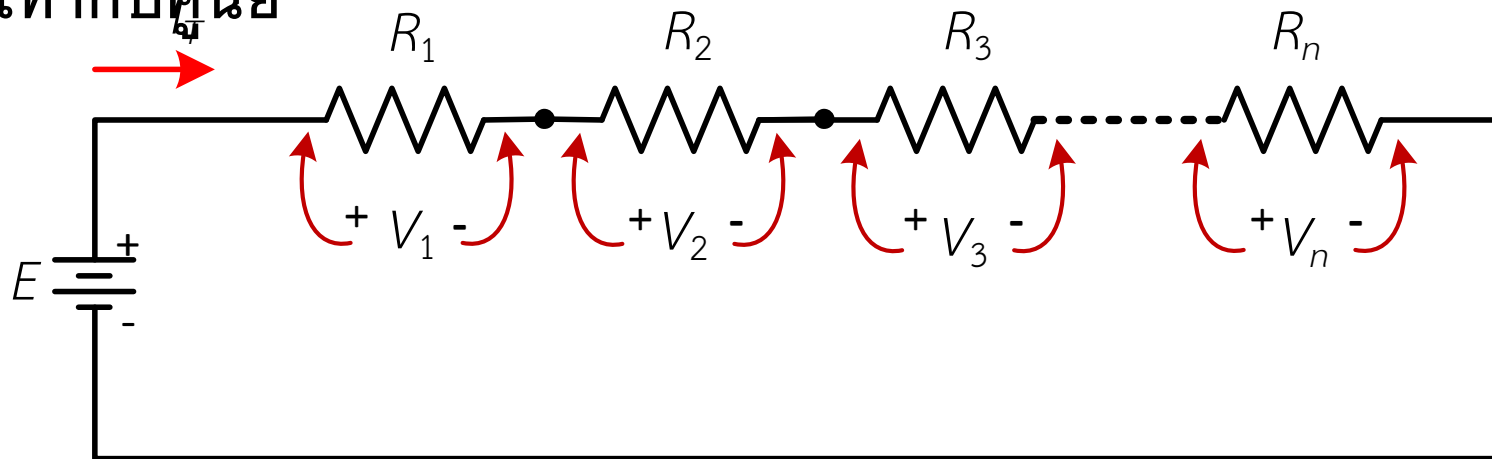
การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม หมายถึง การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกันไป在线วงจรเดียวกัน โดยปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวแรกต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สอง และปลายอีกด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สองต่อกับปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่สามและต่อถัดกันไปเรื่อย ๆ ซึ่งค่าความต้านทานรวมได้จากผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน



รูปที่ 3.1 วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2.1 แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน เป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆ จะมีค่าเท่ากับศูนย์”

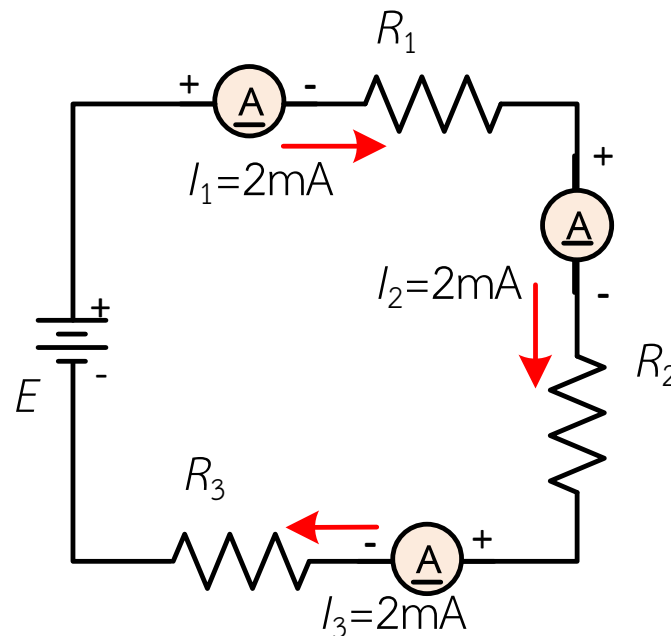


รูปที่ 3.2 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานวงจรอนุกรม

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$

3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2.2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่านตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน ดังรูป

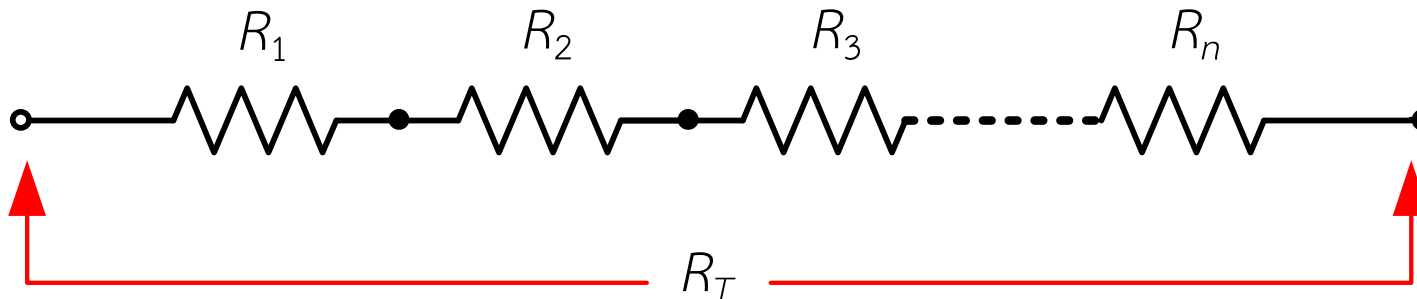


รูป กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมแสดงโดยสัญลักษณ์

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2.3 ค่าความต้านทานรวม (R_T) ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมที่ได้จะมีค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ



$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$

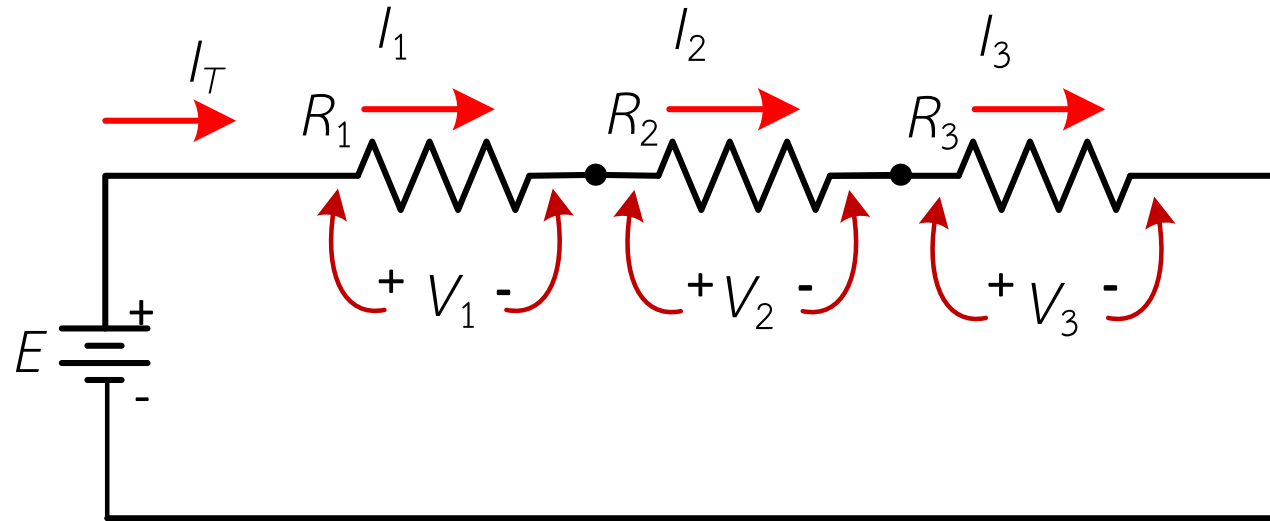
3.2 ลักษณะสมบัติของวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

3.2.4 กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานในแต่ละสาขาในวงจรเมื่อนำมารวมกันก็จะมีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าทั้งหมด

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 \dots P_n$$

เมื่อ P_1 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_1
 P_2 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_2
 P_3 แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R_3
 P_n แทน กำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ R ตัวสุดท้าย

3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

ค่าแรงดันไฟฟ้าในวงจร

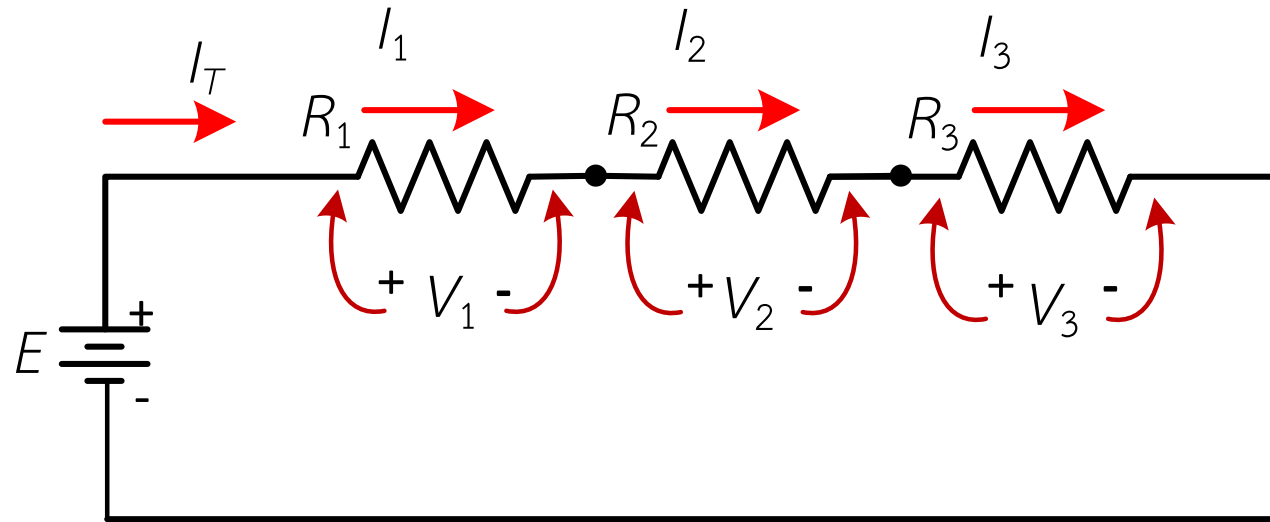
$$E = V_1 + V_2 + V_3$$

$$V_1 = I_T R_1 = I_1 R_1$$

$$V_2 = I_T R_2 = I_2 R_2$$

$$V_3 = I_T R_3 = I_3 R_3$$

3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



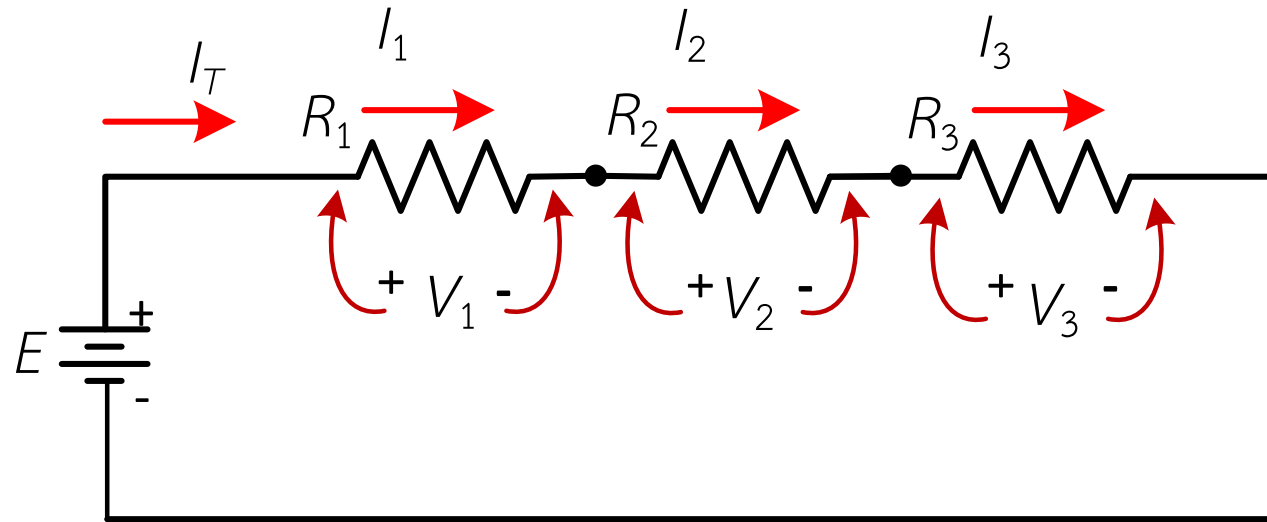
วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

หาค่ากระแสไฟฟ้าในวงจร ได้จาก

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3$$

$$\frac{E}{R_T} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_3}{R_3}$$

3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

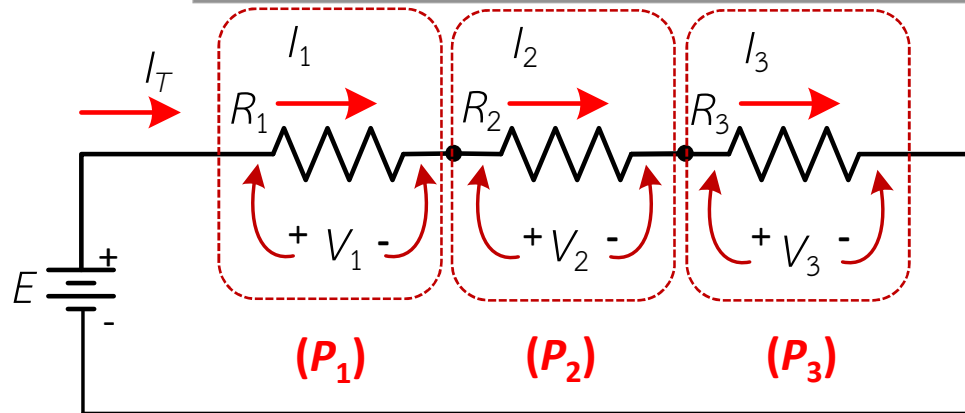


วงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม

หาค่าความต้านทานรวม ได้จาก

$$R_T = R_1 + R_2 + R_3$$

3.3 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้าแบบอนุกรม



หาค่ากำลังไฟฟ้า
ที่ตัวต้านทานแต่ละตัว
และกำลังไฟฟ้ารวม
ได้จาก

$$P_1 = I_1 E = I_1^2 R_1 = \frac{E^2}{R_1}$$

$$P_2 = I_2 E = I_2^2 R_2 = \frac{E^2}{R_2}$$

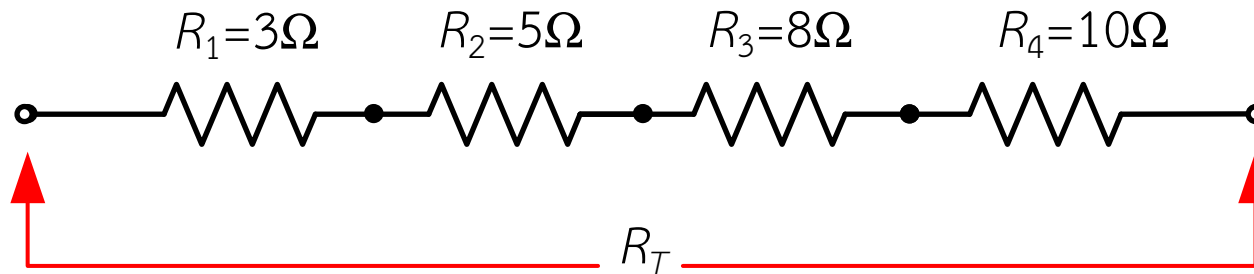
$$P_3 = I_3 E = I_3^2 R_3 = \frac{E^2}{R_3}$$

$$P_T = I_T E$$

หรือ

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3$$

จงหาค่าความต้านทานรวมของวงจร



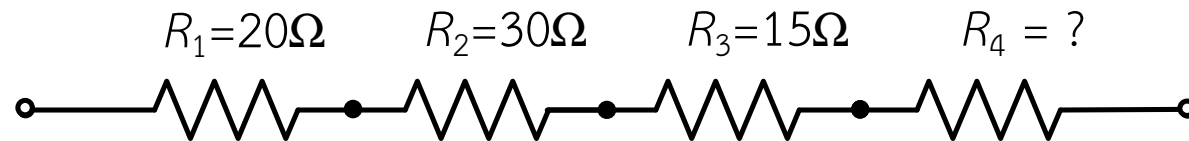
วิธีทำ จากสมการ

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

$$\begin{aligned}\text{แทนค่า} &= 3\Omega + 5\Omega + 8\Omega + 10\Omega \\ &= 26\Omega \quad \text{ตอบ}\end{aligned}$$



จงคำนวณหาค่า R_4 เมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรเท่ากับ 100Ω



วิธีทำ จากสมการ

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

จะได้

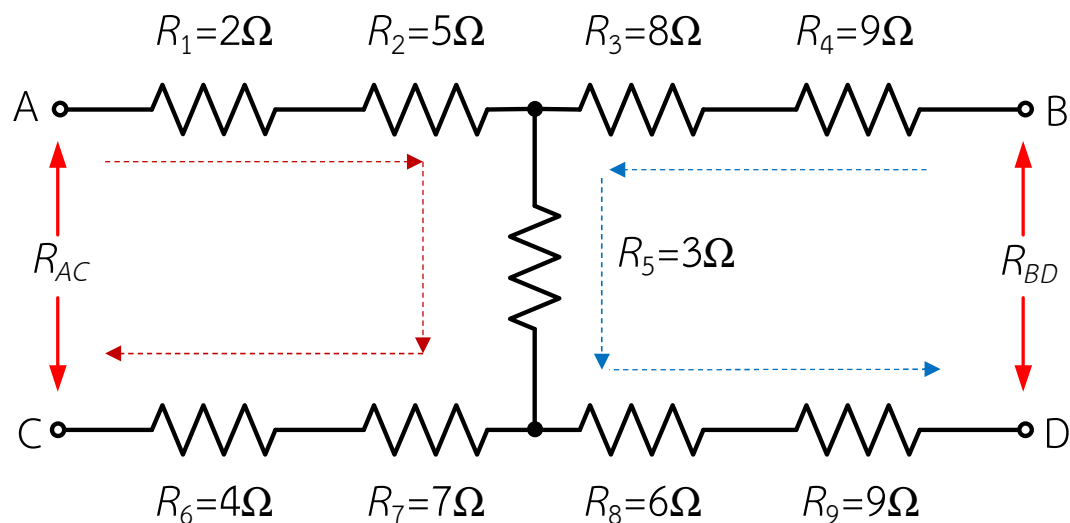
$$R_4 = R_T - R_1 - R_2 - R_3$$

$$= 100 \Omega - 20 \Omega - 30 \Omega - 15 \Omega$$

$$= 35 \Omega \quad \underline{\text{ตอบ}}$$



จงคำนวณหาความต้านทานระหว่างจุด A-C และ ระหว่างจุด B-D



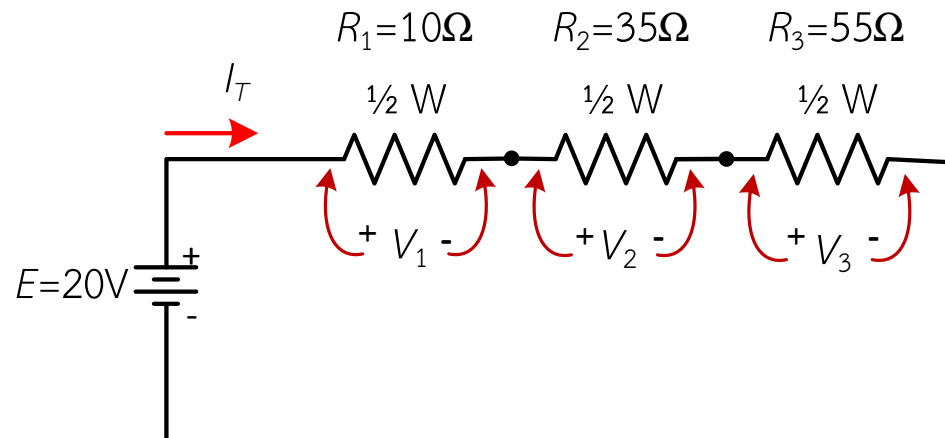
วิธีทำ

$$\begin{aligned}
 R_{AC} &= R_1 + R_2 + R_5 + R_6 + R_7 \\
 &= 2\Omega + 5\Omega + 3\Omega + 4\Omega + 7\Omega \\
 &= 21\Omega \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 R_{BD} &= R_3 + R_4 + R_5 + R_8 + R_9 \\
 &= 8\Omega + 9\Omega + 3\Omega + 6\Omega + 9\Omega \\
 &= 35\Omega \quad \text{ตอบ}
 \end{aligned}$$



จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่า ก. ความต้านทานรวม (R_T) ข. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T)



วิธีทำ

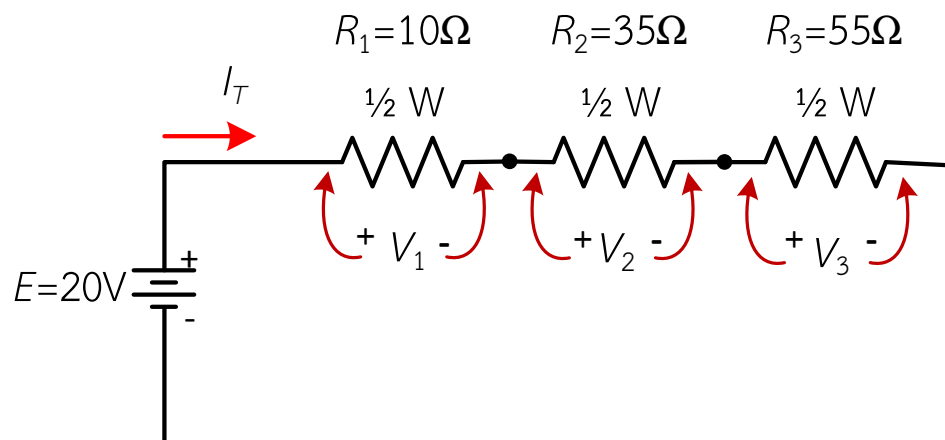
$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 10\Omega + 35\Omega + 55\Omega \\ &= 100\Omega \end{aligned}$$

ตอบ

$$I_T = \frac{E}{R_T} = \frac{20\text{ V}}{100\Omega} = 0.2\text{ A}$$

ตอบ

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ค. จงหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว (V_1 , V_2 , V_3)



จากข้อ ข. $I_T = 0.2 A$

วิธีทำ

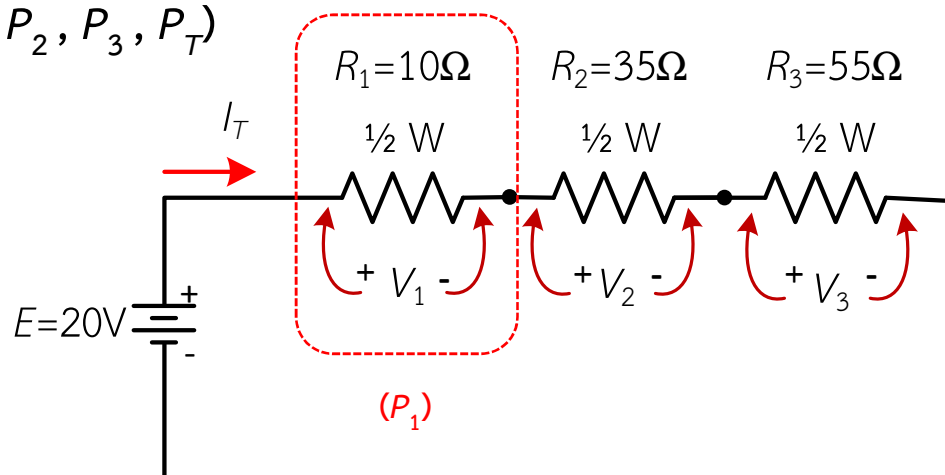
$$\begin{aligned} V_1 &= I_T R_1 \\ &= 0.2 A \times 10 \Omega \\ &= 2 V \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_2 &= I_T R_2 \\ &= 0.2 A \times 35 \Omega \\ &= 7 V \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= I_T R_3 \\ &= 0.2 A \times 55 \Omega \\ &= 11 V \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ง. จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟ้ารวม

(P_1, P_2, P_3, P_T)



วิธีทำ

จากข้อ ข. $I_T = 0.2 \text{ A}$ และข้อ ค. $V_1 = 2 \text{ V}$

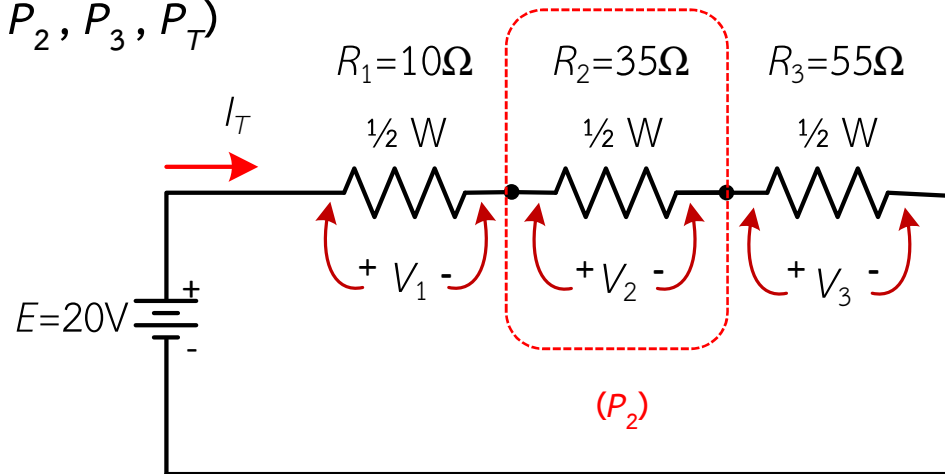
$$\begin{aligned} P_1 &= I_T V_1 \\ &= 0.2 \text{ A} \times 2 \text{ V} \\ &= 0.4 \text{ W} \end{aligned}$$

หรือ

$$\begin{aligned} P_1 &= I_T^2 R_1 \\ &= (0.2 \text{ A})^2 \times 10 \Omega \\ &= 0.4 \text{ W} \end{aligned}$$

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ง. จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟารวม

(P_1, P_2, P_3, P_T)



วิธีทำ

จากข้อ ข. $I_T = 0.2 \text{ A}$ และข้อ ค. $V_2 = 7 \text{ V}$

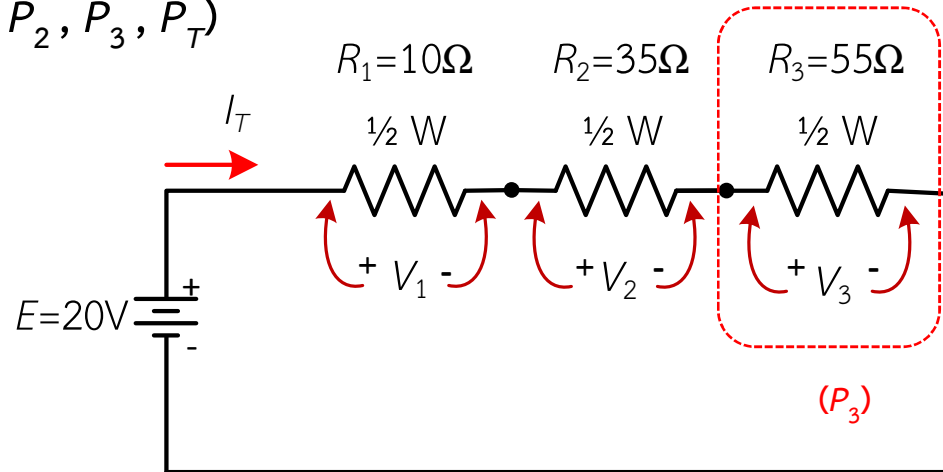
$$\begin{aligned} P_2 &= I_T V_2 \\ &= 0.2 \text{ A} \times 7 \text{ V} \\ &= 1.4 \text{ W} \end{aligned}$$

หรือ

$$\begin{aligned} P_2 &= I_T^2 R_2 \\ &= (0.2 \text{ A})^2 \times 35 \Omega \\ &= 1.4 \text{ W} \end{aligned}$$

จากวงจรไฟฟ้าในรูป ง. จงหาค่ากำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัวและกำลังไฟฟารวม

(P_1, P_2, P_3, P_T)



วิธีทำ

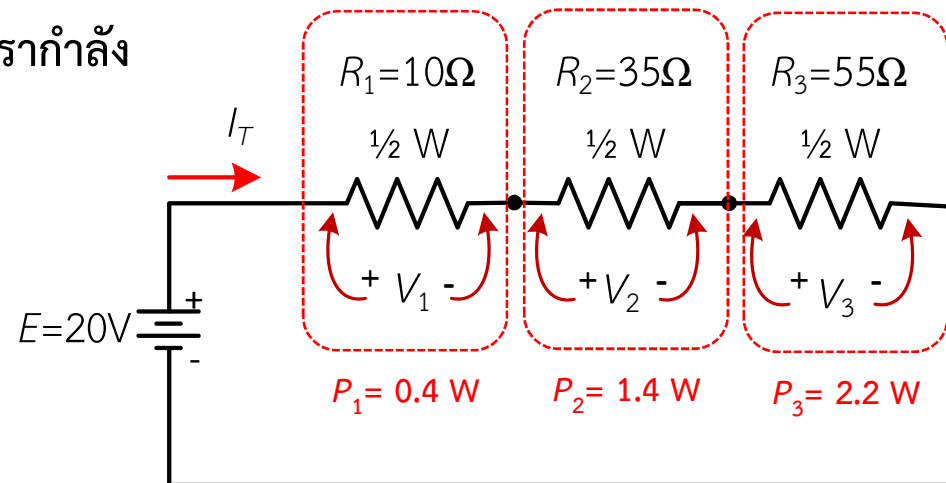
จากข้อ ข. $I_T = 0.2 \text{ A}$ และข้อ ค. $V_3 = 11 \text{ V}$

$$\begin{aligned} P_3 &= I_T V_3 \\ &= 0.2 \text{ A} \times 11 \text{ V} \\ &= 2.2 \text{ W} \end{aligned}$$

หรือ

$$\begin{aligned} P_3 &= I_T^2 R_3 \\ &= (0.2 \text{ A})^2 \times 55 \Omega \\ &= 2.2 \text{ W} \end{aligned}$$

จากวงจรไฟฟ้าในรูป จ. กำลังไฟฟ้าที่กำหนดให้ของตัวต้านทานแต่ละตัวเพียงพอหรือไม่
ถ้าไม่เพียงพอต้องใช้อัตรากำลัง
ต่ำสุดเท่าไร



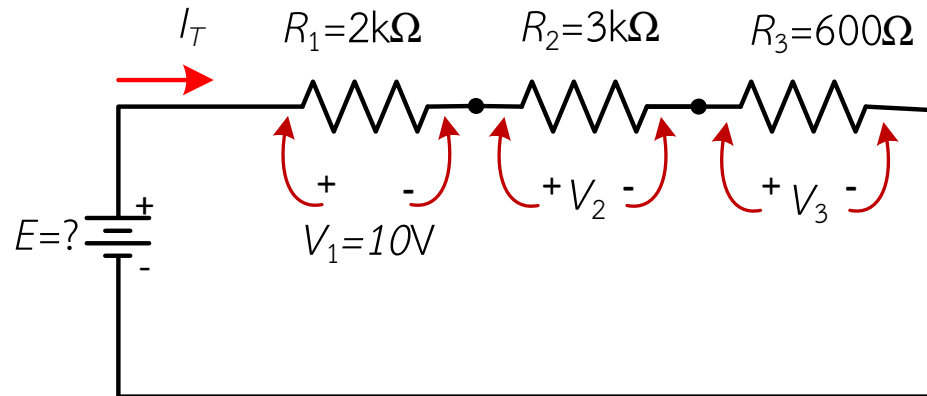
วิธีทำ

ตารางที่ 3.1 แสดงการพิจารณาอัตรากำลังต่ำสุด

โหลด	อัตรากำลังที่กำหนด	อัตรากำลังคำนวณได้	อัตรากำลัง	ควรเลือกใช้ อัตรากำลังต่ำสุด
R_1	0.5 W	0.4 W	เพียงพอ	0.5 W
R_2	0.5 W	1.4 W	ไม่เพียงพอ	2 W
R_3	0.5 W	2.2 W	ไม่เพียงพอ	3 W

R_2 และ R_3 ถ้าใช้ตัวต้านทานขนาด 0.5 W จะมีอัตราทนกำลังได้ไม่เพียงพอกับกำลังไฟฟ้าที่เกิดขึ้น เมื่อนำไปประกอบวงจรทำให้ R_2 และ R_3 เกิดความเสียหายหรือไหม้ได้

จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่า ก. ความต้านทานรวม (R_T)

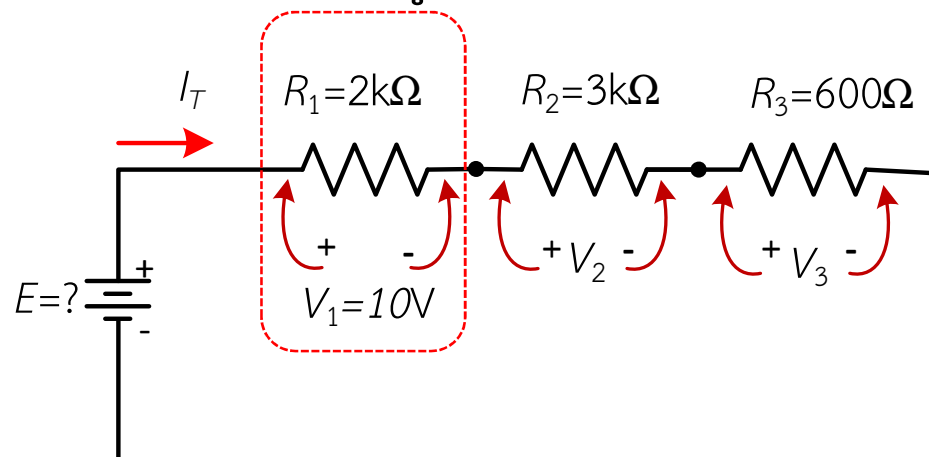


วิธีทำ

$$\begin{aligned} R_T &= R_1 + R_2 + R_3 \\ &= 2\text{k}\Omega + 3\text{k}\Omega + 0.6\text{k}\Omega \\ &= 5.6\text{k}\Omega \end{aligned}$$

ตอบ

จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่า ข. กระแสไฟฟ้ารวม (I_T)



วิธีทำ

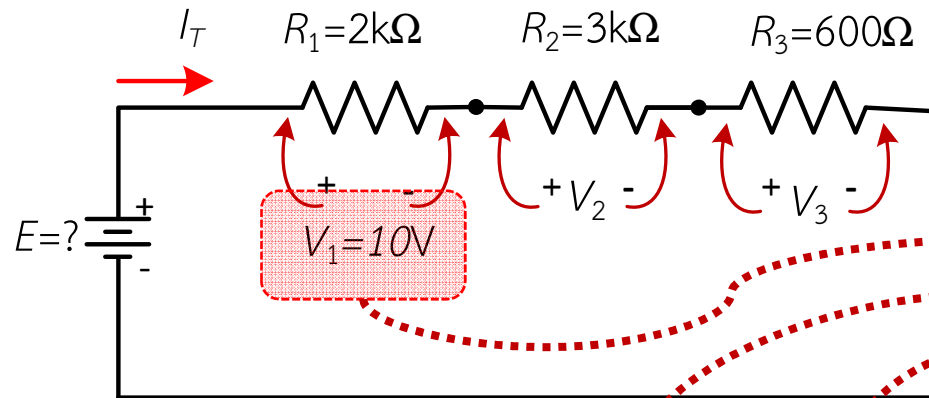
$$\begin{aligned} I_T &= \frac{V_1}{R_1} \\ &= \frac{10V}{2k\Omega} \\ &= 5mA \end{aligned}$$

ตอบ

$$\begin{aligned} I_T &= I_1 = I_2 = I_3 \\ \frac{E}{R_T} &= \frac{V_1}{R_1} = \frac{V_2}{R_2} = \frac{V_3}{R_3} \end{aligned}$$



จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่า ค. แรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย (E)



วิธีทำ

$$\begin{aligned} V_2 &= I_T R_2 \\ &= 5\text{mA} \times 3\text{k}\Omega \\ &= 15\text{V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_3 &= I_T R_3 \\ &= 5\text{mA} \times 600\Omega \\ &= 3,000\text{mV} \\ &= 3\text{V} \end{aligned}$$

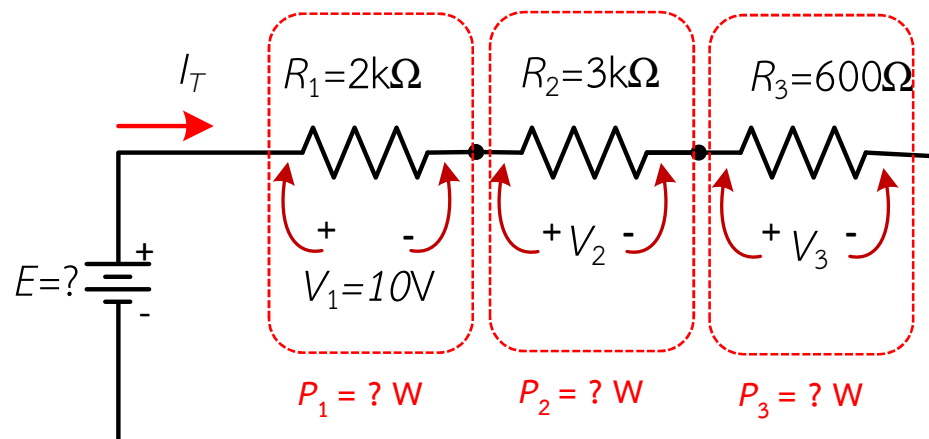
$$\begin{aligned} E &= V_1 + V_2 + V_3 \\ &= 10\text{V} + 15\text{V} + 3\text{V} \\ &= 28\text{V} \quad \text{ตอบ} \end{aligned}$$

หรือ

$$\begin{aligned} E &= I_T R_T \\ &= 5\text{mA} \times 5.6\text{k}\Omega \\ &= 28\text{V} \end{aligned}$$



จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่า ง. กำลังไฟฟ้ารวม (P_T)



วิธีทำ วิธีที่ 1

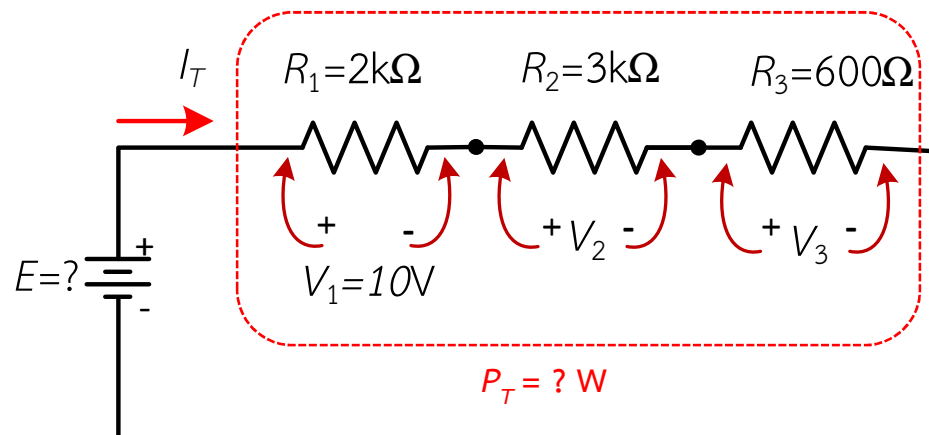
$$\begin{aligned} P_1 &= I_T V_1 \\ &= 5\text{mA} \times 10\text{V} \\ &= 50\text{mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= I_T V_2 \\ &= 5\text{mA} \times 15\text{V} \\ &= 75\text{mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_3 &= I_T V_3 \\ &= 5\text{mA} \times 3\text{V} \\ &= 15\text{mW} \end{aligned}$$



จากวงจรไฟฟ้าในรูป จงหาค่า ง. กำลังไฟฟ้ารวม (P_T) (ต่อ)



วิธีทำ วิธีที่ 1(ต่อ) $P_T = P_1 + P_2 + P_3$

$$= 50\text{mW} + 75\text{mW} + 15\text{mW}$$

$$= 140\text{mW} \quad \text{ตอบ}$$

หรือ วิธีที่ 2 $P_T = I_T E$

$$= 5\text{mA} \times 28\text{V}$$

$$= 140\text{mW}$$

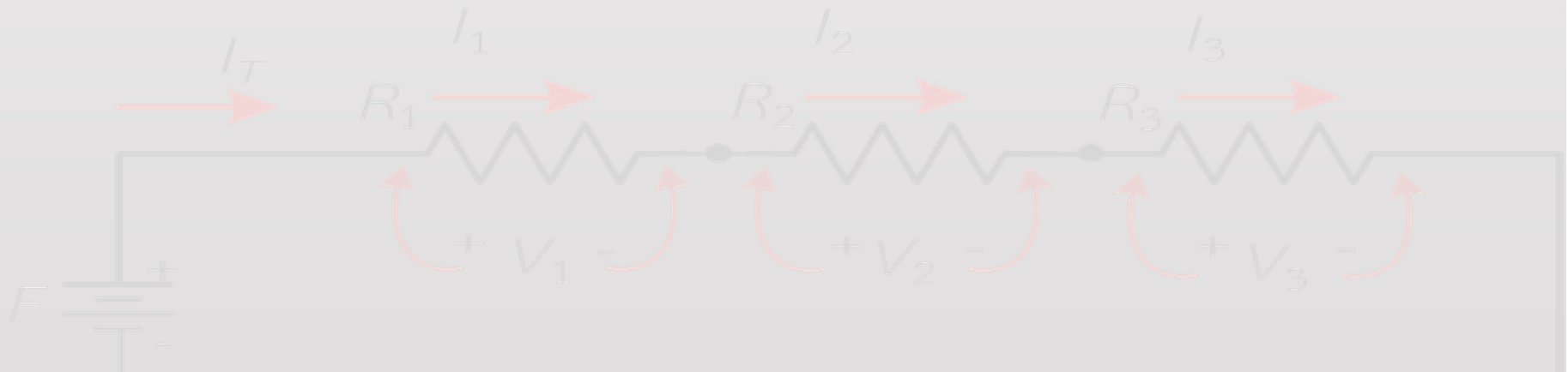


สรุป

สรุป หน่วยที่ 3 วงจรอนุกรม

ค่าความต้านทานรวม ของวงจรมีค่าเท่ากับผลรวมของค่าความต้านทานทุกตัวรวมกัน ดังนั้นสังเกตได้ว่า ค่าความต้านทานรวมค่ามากกว่าค่าความต้านทานที่มีค่ามากที่สุดของการนำมาต่ออนุกรมกันเสมอ

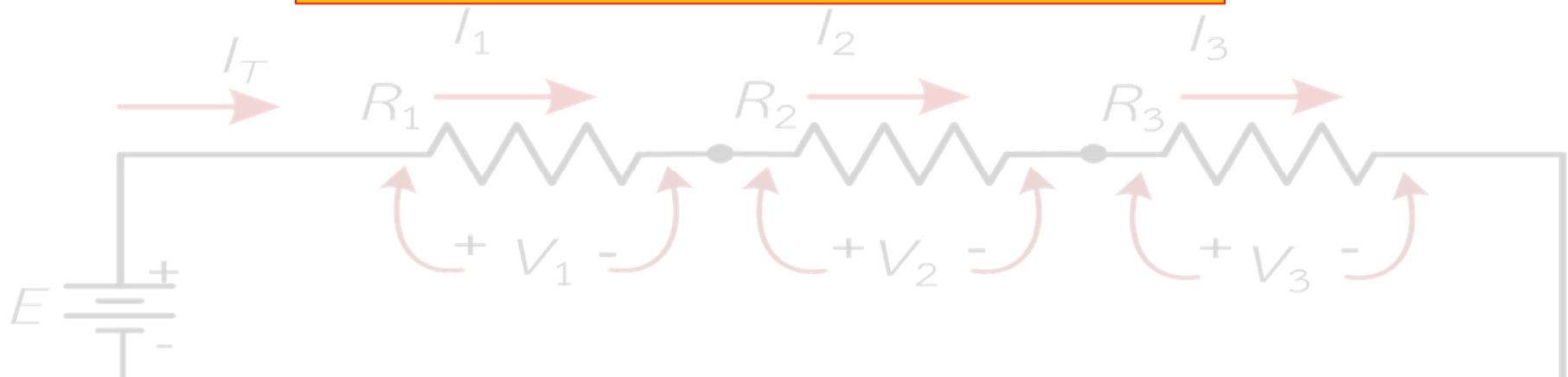
$$R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n$$



สรุป หน่วยที่ 3 วงจรอนุกรม

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมที่ตัวต้านทานแต่ละตัวจะมีค่าแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานแต่ละตัว เมื่อนำตัวต้านทานต่อเป็นวงจรไฟฟ้าปิดแบบอนุกรมแรงดันในวงจรจะเป็นไปตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอชอฟฟ์ที่กล่าวไว้ว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใดๆจะมีค่าเท่ากับศูนย์” หาแรงดันไฟฟ้า

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots V_n$$



สรุป หน่วยที่ 3 วงจรอนุกรม

กระแสไฟฟ้าที่ไหลในวงจร มีค่าเท่ากันโดยตลอดไม่ว่าจะไหลผ่าน
ตัวต้านทานตัวใดก็ตามที่อยู่ในวงจรอนุกรมเดียวกัน

$$I_T = I_1 = I_2 = I_3 = \dots I_n$$

กำลังไฟฟ้าที่เกิดที่โหลดแต่ละสาขาของวงจร เมื่อนำมารวมกัน
มีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้ารวม

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots P_n$$