

เอกสารประกอบการเรียนการสอน

วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง (2104-2002)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

DC
Electrical
Circuits

หน่วยที่ 14

ทฤษฎีโนรตัน

(Norton's Theorem)

นายสุริยันต์ รักพวง

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง

วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

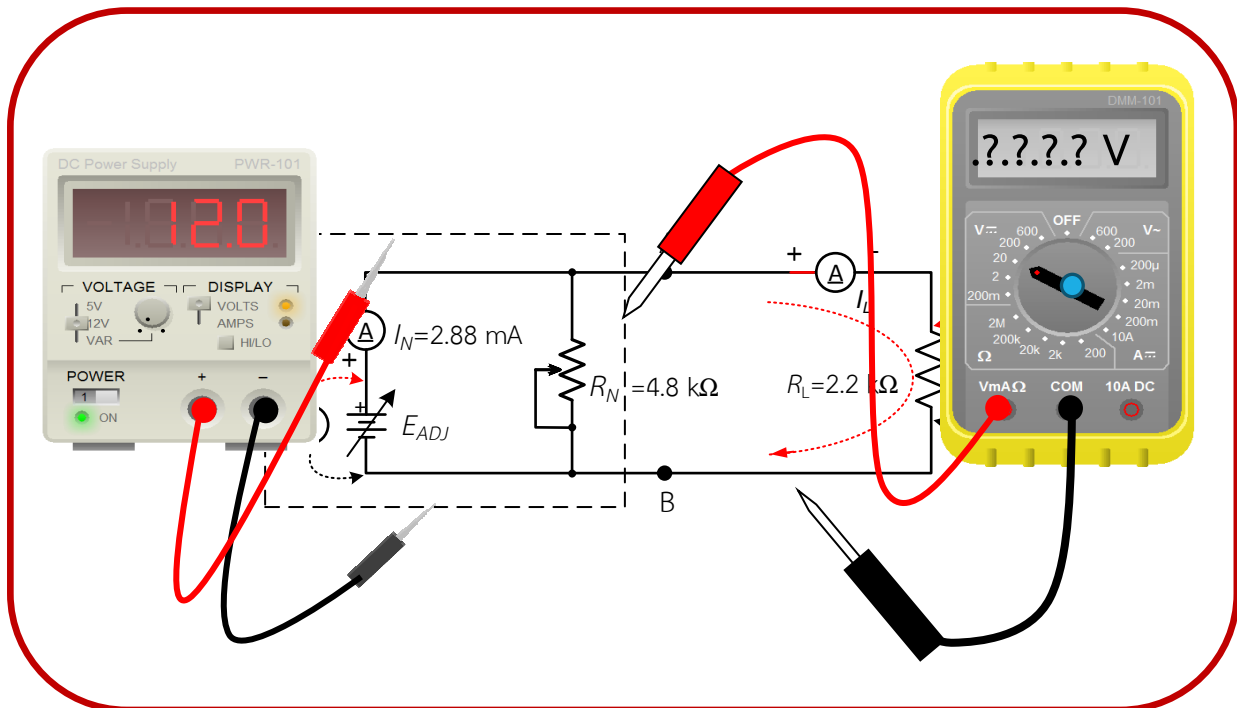
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

เอกสารประกอบการเรียนการสอน
วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
รหัสวิชา 2104-2002

หน่วยที่ 14 ทฤษฎีโน้ตตัน

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556
ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม



โดย

สุริยันต์ รักพวก

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา
สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา
กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

การจัดการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเนื้อหาต่างๆ ตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพพุทธศักราช 2556 ของคณะกรรมการการอาชีวศึกษา มุ่งเน้นการพัฒนานอกเหนือความรู้จากเนื้อหาแล้ว ยังต้องการพัฒนา ทักษะการปฏิบัติงาน ดังนั้นจึงได้เรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนขึ้นมาเพื่อเตรียมความพร้อมในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นสาระสำคัญเหมาะสมทั้งด้านปริมาณและคุณภาพร่วมกับสื่อการสอนที่ทันสมัยเพื่อใช้ในการเรียนการสอนและพัฒนาความสามารถของผู้เรียนโดยมีการวิเคราะห์คำอธิบายรายวิชาแบ่งเนื้อหาออกเป็น 15 หน่วยการเรียนรู้ โดยแต่ละหน่วยมีการจัดทำ ใบความรู้ แบบฝึกหัด แบบทดสอบพร้อมใบงานภาคปฏิบัติ ทำการวัดผลและประเมินผลการเรียนให้เป็นไปตามจุดประสงค์ของการเรียนการสอน หน่วยการเรียนรู้ของเอกสารประกอบการเรียนการสอนฉบับนี้ประกอบด้วย

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

สำหรับความสำเร็จในการจัดเรียบเรียงเอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรงนั้นส่วนหนึ่งได้รับคำแนะนำมาจากผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน หากผู้ที่ได้อ่านเอกสารฉบับนี้พบข้อบกพร่องผิดพลาดหรือมีข้อเสนอแนะ ผู้จัดทำยินดียอมรับและจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ต่อไป จึงขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

สุริยันต์ รักพวง

สารบัญ

	หน้า
คำนำ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญรูปภาพ	ค
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556	จ
คำชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอนหน่วยที่ 14	ฉ
แบบทดสอบก่อนเรียน	1
ใบเนื้อหา	6
14.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน	7
14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน	8
14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน	11
สรุป	23
ใบแบบฝึกหัด	25
ใบประเมินผลแบบฝึกหัด	28
ใบงานที่ 14 ทฤษฎีของนอร์ตัน	29
ใบประเมินผลใบงานที่ 14	40
เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 14	41
แบบทดสอบหลังเรียน	44
ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม	49
เอกสารอ้างอิง	50
ภาคผนวก	51
เฉลยแบบฝึกหัด	52
เฉลยใบงานที่ 14	68
เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน – หลังเรียน	74
ใบสรุปการประเมินผล	75
สื่อ Power Point	76

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
14.1 หลักการของทฤษฎีของนอร์ตัน	7
14.2 วงจรไฟฟ้า	8
14.3 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน	8
14.4 แสดงการหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน	9
14.5 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B	10
14.6 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตันเป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียง เทเวนิน	10
14.7 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนินเป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียง นอร์ตัน	11
11.8 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1	11
14.9 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1	12
14.10 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1	13
14.11 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตาม ตัวอย่างที่ 14.1	13
14.12 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2	14
11.13 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 11.4	14
14.14 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2	15
14.15 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตาม ตัวอย่างที่ 14.2	16
14.16 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3	16
14.17 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3	17
14.18 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3	17
14.19 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B	18
14.20 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4	18
14.21 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4	19
14.22 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4	20
14.23 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตาม ตัวอย่างที่ 14.4	21

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
14.24 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5	21
14.25 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N1} ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5	22
14.26 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N2} ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5	22
14.27 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4	23
14.28 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5	24
14.29 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1	25
14.30 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2	26
14.31 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3	26
14.32 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4	26
14.33 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5	27
14.34 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6	27

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 14 เรื่องทฤษฎีโนร์ตัน ใช้เวลาในการทำกิจกรรมการเรียนการสอน 240 นาที (4 ชั่วโมง) เพื่อให้กิจกรรมการเรียนการสอน เกิดประสิทธิผลของการเรียนรู้ ครูควรปฏิบัติตามข้อแนะนำต่างๆ ในการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน ดังต่อไปนี้

1. ศึกษาเอกสารประกอบการเรียนการสอนและสื่อการสอนเพื่อเตรียมการสอน
2. ชี้แจงการใช้เอกสารประกอบการเรียนการสอน หน่วยที่ 14 เรื่องทฤษฎีโนร์ตัน เกณฑ์การประเมินผลในการร่วมกิจกรรมการเรียนการสอนและระเบียบต่างๆ ใช้เวลา 5 นาที
3. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที
4. สอนทฤษฎีตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 14 ด้วยสื่อ Power Point ในเอกสารประกอบการเรียนการสอน ใช้เวลาในการสอนทฤษฎี 60 นาที
5. สรุปสาระการเรียนรู้ประจำหน่วยที่ 14 เรื่องทฤษฎีโนร์ตัน ขั้นตอนการแก้ปัญหา วงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของโนร์ตัน และการแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของโนร์ตันใช้เวลา 5 นาที
6. ให้ผู้เรียนทำแบบฝึกหัด ใช้เวลา 40 นาที
7. สอนภาคปฏิบัติตามจุดประสงค์การเรียนการสอนประจำหน่วยที่ 14 ให้ผู้เรียนทำการทดลองใบงานที่ 14 ใช้เวลา 55 นาที
8. ให้ผู้เรียนทำแบบทดสอบหลังเรียน ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที
9. เฉลยแบบฝึกหัด ใบงานที่ 14 แบบทดสอบก่อนเรียน ใช้เวลา 20 นาที
10. เก็บรวบรวม แบบฝึกหัด แบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน บันทึกคะแนนลงในแบบวัดผลประเมินผลหน่วยที่ 14 โดยใช้เวลา 5 นาที
11. สรุปผลการประเมินผล พร้อมชี้แนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข และให้ผู้เรียนเตรียมความพร้อมในการเรียนหน่วยที่ 15 เรื่องทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด ให้ผู้เรียนเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองใบงาน ทำความสะอาดห้องเรียน สรรวจเครื่องแต่งกาย ก่อนออกจากห้องเรียนโดยใช้เวลา 10 นาที

ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่เป็นภาคทฤษฎีและปฏิบัติ บทบาทสำคัญของครูต้องสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน เพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้และมีทักษะ เกิดการเชื่อมโยงความรู้จากทฤษฎีสู่ภาคปฏิบัติความสัมพันธ์ของเนื้อหาภาพรวมทั้งหมดที่เรียนสามารถขยายความรู้ในการนำไปประยุกต์ใช้งานจริงได้



แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน

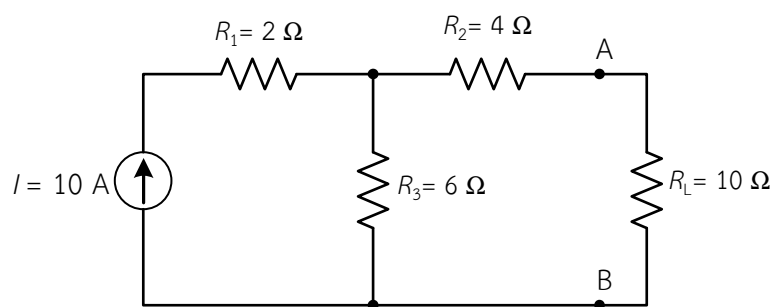
คำชี้แจง

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

1. ข้อใดคือทฤษฎีของนอร์ตัน

- ก. ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าตัวหนึ่งต่อขนานกับความต้านทานตัวหนึ่ง
- ข. ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตัวหนึ่งต่อขนานกับความต้านทานตัวหนึ่ง
- ค. ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวหนึ่ง
- ง. ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวหนึ่ง

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 2-6



รูปที่ 1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 2-6

2. ข้อใดคือขั้นตอนการหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน

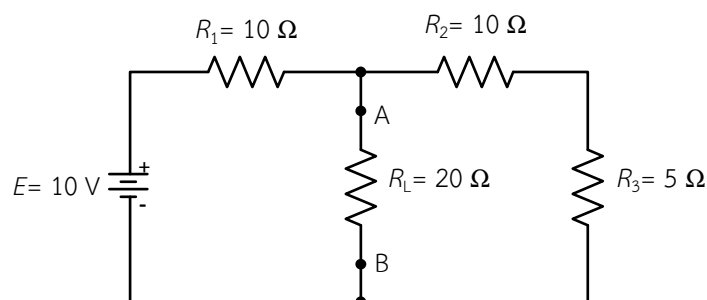
- ก. เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเคียงนอร์ตันที่จุด A และ B
- ข. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B แล้วหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน
- ค. ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B แล้วหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน
- ง. ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเคียงนอร์ตันที่จุด A และ B

	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน	

3. ข้อใดคือขั้นตอนการหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน

- ปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันที่จุด A และ B
 - ปลด R_L ออกจากวงจร ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันที่จุด A และ B
 - ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน
 - ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน
4. กระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) มีค่าเท่าไร
- 9 A
 - 8 A
 - 7 A
 - 6 A
5. ความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) มีค่าเท่าไร
- 25 Ω
 - 12 Ω
 - 10 Ω
 - 5.5 Ω
6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าไร
- 0.3 A
 - 3 A
 - 2.13 A
 - 21.3A

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10



รูปที่ 2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-10



แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

7. กระแสเทียบเคียงโน้ดตัน (I_N) มีค่าเท่าไร

ก. 4 A

ข. 3 A

ค. 2 A

ง. 1 A

8. ความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน (R_N) มีค่าเท่าไร

ก. 18 Ω

ข. 12 Ω

ค. 6 Ω

ง. 3 Ω

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าไร

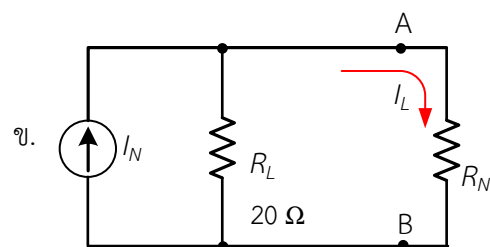
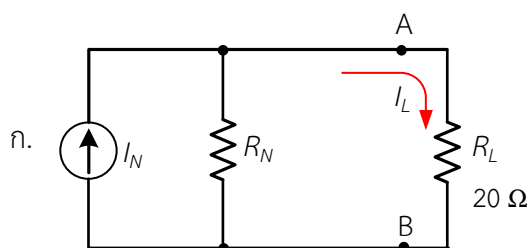
ก. 0.18 A

ข. 0.23 A

ค. 0.46 A

ง. 0.69 A

10. จากรูปที่ 2 เขียนวงจรเทียบเคียงโน้ดตันได้ตรงกับข้อใด



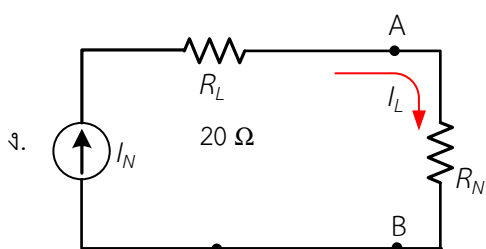
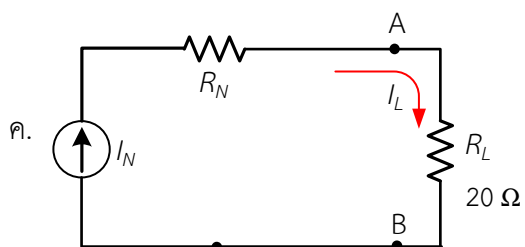


แบบทดสอบก่อนเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน



	แบบทดสอบก่อนเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	

กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน

คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของ
กระดาษคำตอบ

ชื่อ – สกุล เลขที่ ชั้น

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

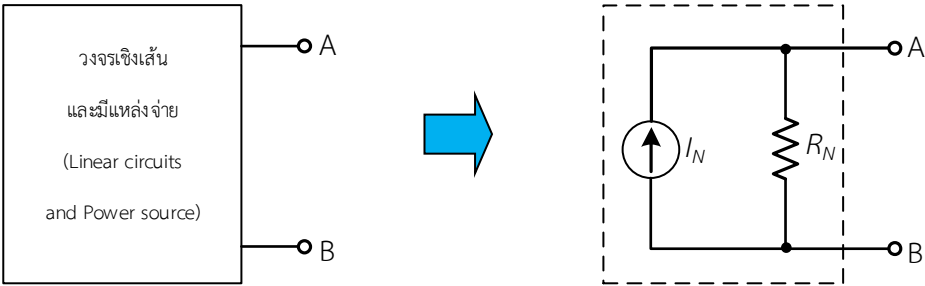
สรุปผล

เต็ม	10
คะแนนเก็บ 10 คะแนนได้	

เกณฑ์การประเมิน

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

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินทรีย์	จำนวน 4 ชั่วโมง
สาระสำคัญ ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีความยุ่งยาก วงจรจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนค่าความต้านทาน การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ตาม วิธีการของเคอร์ชอฟฟ์ วิธีกระแสเมชหรือวิธีแรงดันโนด ที่ได้เรียนผ่านมาแล้วนั้น จำเป็นจะต้องเขียนสมการ แทนค่าสมการจัดรูปแบบสมการเพื่อใช้ตีเทอร์มินันต์ช่วยหาค่าตัวแปร ซึ่งจะมีความซับซ้อนมาก และการหากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ ซึ่งหากใช้ทฤษฎีอื่น ๆ จะต้องเริ่มต้นใหม่ทุกครั้งในการวิเคราะห์วงจร ที่นำตัวต้านทานตัวใหม่เปลี่ยนเข้าไป นอกจากใช้ทฤษฎีของเทวินินในการแก้ปัญหาแล้ว ยังสามารถใช้ทฤษฎีของนอร์ตันได้เช่นกัน จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน จุดประสงค์ทั่วไป เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจการใช้ทฤษฎีของนอร์ตันในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม 1. บอกหลักการทฤษฎีของนอร์ตันได้ 2. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตันได้ 3. คำนวณหาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน ได้ 4. คำนวณหาค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน ได้ 5. คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยทฤษฎีของนอร์ตันได้ 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		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโนร์ตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง
2.2 ทำตามลำดับขั้น 2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด 2.4 การมีส่วนร่วม สาระการเรียนรู้ 14.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน 14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน 14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน เนื้อหาสาระ ในหน่วยการเรียนรู้นี้จะกล่าวถึงทฤษฎีของนอร์ตันมาช่วยในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีความยุ่งยากและต้องการหากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ โดยจะมีรายละเอียดในหัวข้อ ทฤษฎีของนอร์ตัน ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตันและการแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน ดังนี้ 14.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน ทฤษฎีที่ค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ นอร์ตัน ได้ตั้งทฤษฎีเพื่อใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยทฤษฎีของนอร์ตัน (Norton's Theorem) กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่ สามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (Norton Current : I_N) ได้” โดยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (Norton Resistance : R_N) ตัวหนึ่ง เรียกว่า วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน (Norton Equivalent Circuit) ดังรูปที่ 14.1  รูปที่ 14.1 หลักการของทฤษฎีของนอร์ตัน		

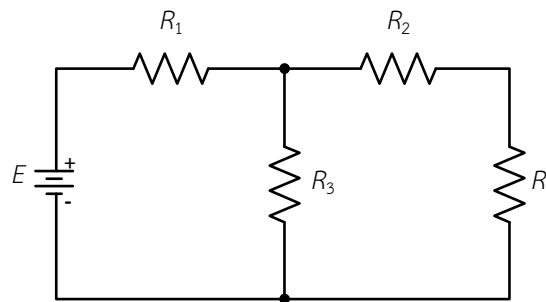
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

โดย I_N คือ กระแสเทียบเคียงโน้ด เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B ในขณะลัดวงจร

R_N คือ ความต้านทานเทียบเคียงโน้ด ซึ่งเป็นความต้านทานของวงจรที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันทุกตัว หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสให้เปิดวงจร

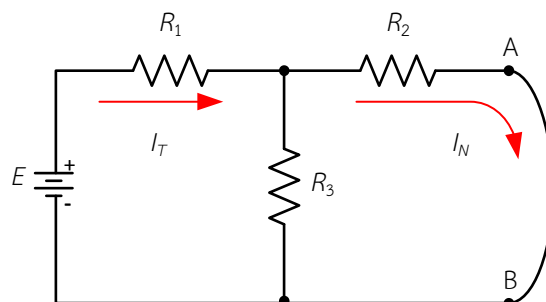
14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของโน้ด

การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด โดยใช้ทฤษฎีของโน้ด จากวงจรในรูปที่ 14.2 มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 14.2 วงจรไฟฟ้า

14.2.1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.3 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้ด (I_N) ซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B



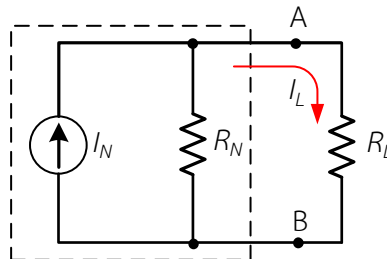
รูปที่ 14.3 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแสเทียบเคียงโน้ด

จากวงจรในรูปที่ 14.3 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน จากนั้นใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแส I_N

โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง
$R_T = \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) + R_1 \quad (14-1)$ $I_T = \frac{E}{R_T} \quad (14-2)$ $I_N = I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \quad (14-3)$ 14.2.2 หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ดังรูปที่ 14.4 รูปที่ 14.4 แสดงการหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน จากวงจรในรูปที่ 14.5 หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน (R_N) ได้จากการนำ R_1 ขนานกับ R_3 แล้วอนุกรมกับ R_2 ดังสมการที่ (14-4) (การหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตันจะเหมือนกับการหาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน) $R_N = \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} \right) + R_2 \quad (14-4)$ 14.2.3 นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงโน้ดตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.5 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า		

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 14.5 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B

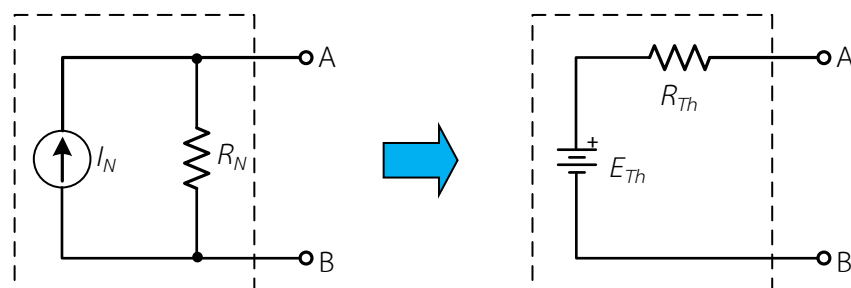
ดังนั้น

$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \quad (14-5)$$

วงจรเทียบเคียงนอร์ตันที่มีแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตัน ต่อขนานกับความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปวงจรเทียบเคียงเทเวนิน ที่มีแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนินต่ออนุกรมกับความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน (ความต้านทานเทียบเคียงเทเวนินมีค่าเท่ากับ ความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน) โดยสามารถเปลี่ยนแหล่งจ่ายสลับไปมาระหว่างกันได้ การเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตัน เป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน ดังสมการที่ (14-6) ดังนี้

$$E_{Th} = I_N R_N \quad (14-6)$$

$$R_{Th} = R_N \quad (14-7)$$



ก) วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

ข) วงจรเทียบเคียงเทเวนิน

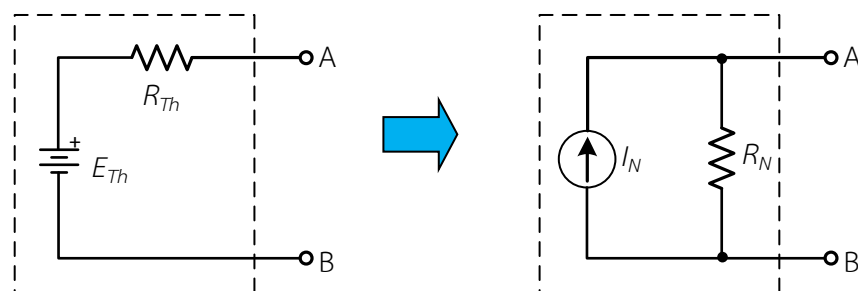
รูปที่ 14.6 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตันเป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้อร์ตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนิน เป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงโน้อร์ตัน ดังสมการที่ (14-8)

$$I_N = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \quad (14-8)$$

$$R_N = R_{Th} \quad (14-9)$$



ก) วงจรเทียบเคียงเทเวนิน

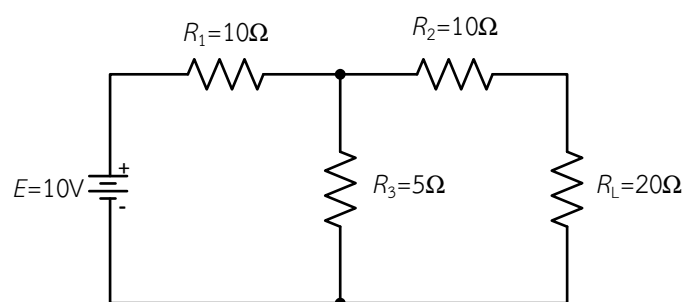
ข) วงจรเทียบเคียงโน้อร์ตัน

รูปที่ 14.7 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนินเป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงโน้อร์ตัน

14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของโน้อร์ตัน

จากหลักการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าในหัวข้อที่ผ่านมา สามารถนำมาแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้างดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 14.1 จากวงจรในรูปที่ 14.8 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 11.8 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.9 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้อร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

รูปที่ 14.9 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

จากวงจรในรูปที่ 14.9 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน แล้วจึงใช้กฎการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

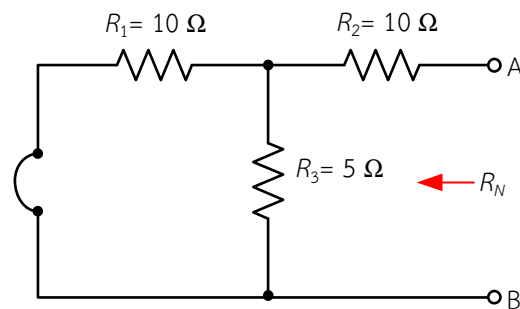
โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_T &= \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) + R_1 \\
 &= \left(\frac{10\Omega \times 5\Omega}{10\Omega + 5\Omega} \right) + 10\Omega \\
 R_T &= 13.33\Omega \\
 I_T &= \frac{E}{R_T} \\
 &= \frac{10\text{V}}{13.33\Omega} \\
 I_T &= 0.75\text{A} \\
 I_N &= I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \\
 &= 0.75\text{A} \left(\frac{5\Omega}{5\Omega + 10\Omega} \right) \\
 I_N &= 0.25\text{A}
 \end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่าย

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

แรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร ดังรูปที่ 14.10

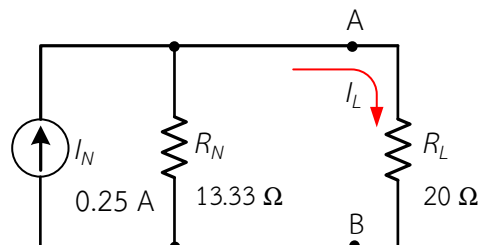


รูปที่ 14.10 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

จากวงจรในรูปที่ 14.10 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันได้จาก การนำ R_1 ขนานกับ R_3 แล้วอนุกรมกับ R_2 จะได้

$$\begin{aligned}
 R_N &= \frac{R_1 R_3}{(R_1 + R_3)} + R_2 \\
 &= \left(\frac{10 \, \Omega \times 5 \, \Omega}{10 \, \Omega + 5 \, \Omega} \right) + 10 \, \Omega \\
 R_N &= 13.33 \, \Omega
 \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตันแล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.11 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.11 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B
ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right)$$



ใบเนื้อหา

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

จำนวน 4 ชั่วโมง

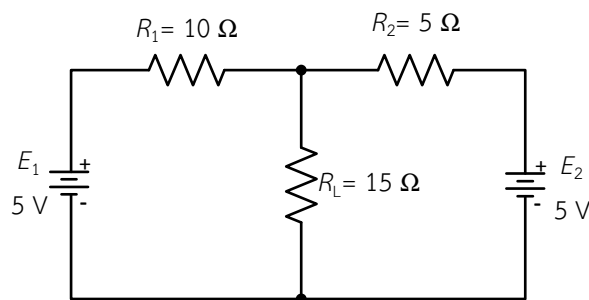
$$= 0.25 \text{ A} \left(\frac{13.33 \, \Omega}{13.33 \, \Omega + 20 \, \Omega} \right)$$

$$= 0.1 \text{ A}$$

$$I_L = 100 \text{ mA}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 100$ มิลลิแอมแปร์

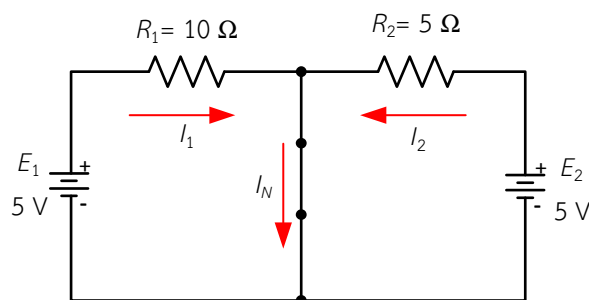
ตัวอย่างที่ 14.2 จากวงจรในรูปที่ 14.12 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.12 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.13 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้ดตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B โดยมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.13



รูปที่ 11.13 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 11.4

จากวงจรในรูปที่ 11.23 จะเห็นว่า กระแส I_N เป็นผลรวมของกระแส I_1 และ I_2 จะได้

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

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= \frac{5\text{ V}}{10\ \Omega}$$

$$I_1 = 0.5\text{ A}$$

$$I_2 = \frac{E_2}{R_3}$$

$$= \frac{5\text{ V}}{5\ \Omega}$$

$$I_2 = 1\text{ A}$$

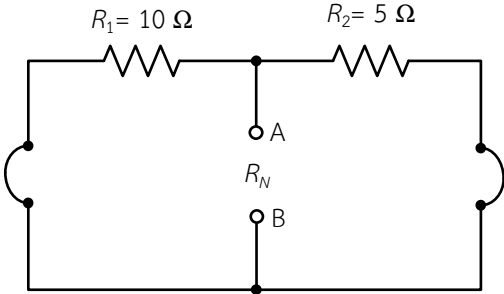
ดังนั้น

$$I_N = I_1 + I_2$$

$$= 0.5\text{ A} + 1\text{ A}$$

$$= 1.5\text{ A}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว ดังรูปที่ 14.14



รูปที่ 14.14 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2

จากวงจรในรูปที่ 14.14 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ได้จาก R_1 ขนานกับ R_2

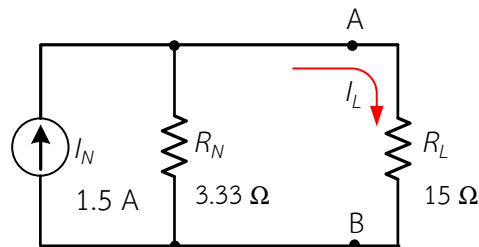
$$R_N = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$= \frac{10\ \Omega \times 5\ \Omega}{10\ \Omega + 5\ \Omega}$$

$$= 3.33\ \Omega$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.15 จากนั้น คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

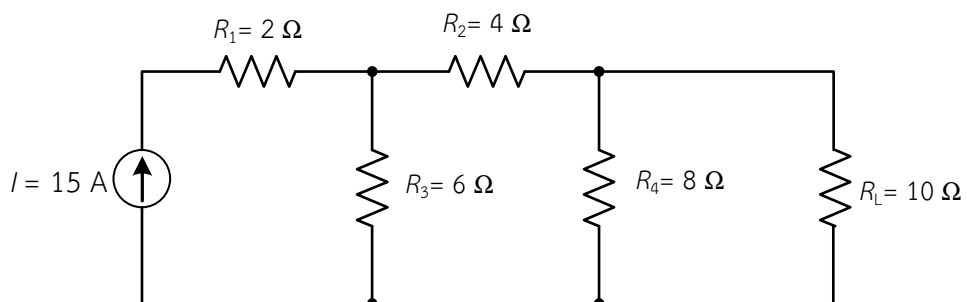


รูปที่ 14.15 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B
ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\
 &= 1.5 \text{ A} \left(\frac{3.33 \Omega}{3.33 \Omega + 15 \Omega} \right) \\
 &= 0.273 \text{ A} \\
 &= 273 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 273$ มิลลิแอมแปร์

ตัวอย่างที่ 14.3 จากวงจรในรูปที่ 14.16 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

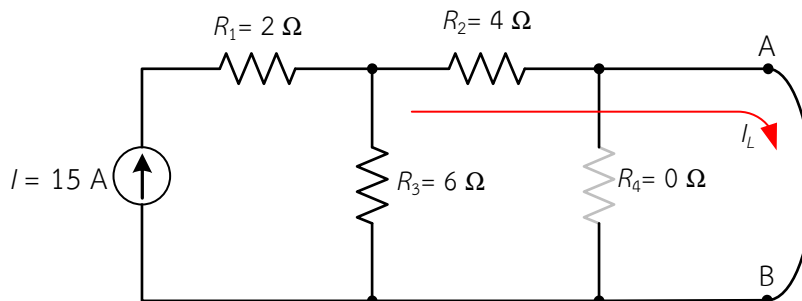


รูปที่ 14.16 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.17 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง



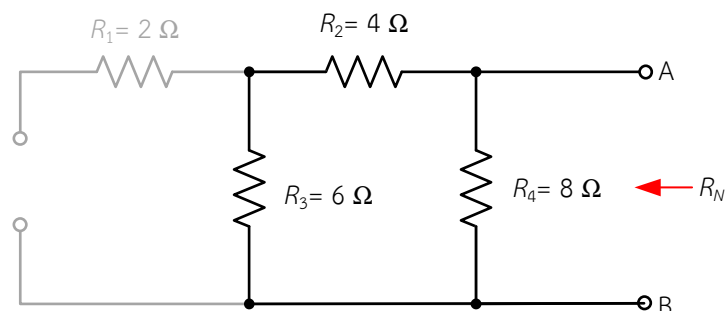
รูปที่ 14.17 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3

เมื่อลัดวงจรที่จุด A และ B จะทำให้ R_4 ถูกลัดวงจรด้วย ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_4 แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจรแทน เพราะมีความต้านทานต่ำกว่า

ดังนั้น กระแส I_N จึงเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 นั้นเอง จึงใช้หลักการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

$$\begin{aligned}
 I_N &= I \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \\
 &= 15 \text{ A} \left(\frac{6 \Omega}{6 \Omega + 4 \Omega} \right) \\
 I_N &= 9 \text{ A}
 \end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.18



รูปที่ 14.18 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3

จากวงจรในรูปที่ 14.18 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ได้จาก การนำ R_2 อนุกรมกับ

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

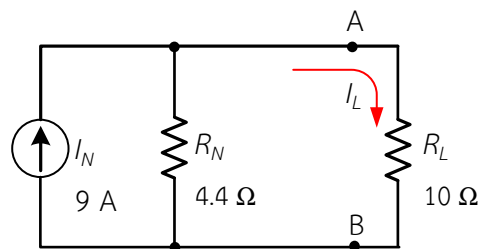
R_3 แล้วจึงขนานกับ R_4 จะได้

$$R_N = \frac{(R_2 + R_3)R_4}{(R_2 + R_3) + R_4}$$

$$= \frac{(4\ \Omega + 6\ \Omega) \times 8\ \Omega}{4\ \Omega + 6\ \Omega + 8\ \Omega}$$

$$R_N = 4.44\ \Omega$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.19 จากนั้น คำนวณหากระแสที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.19 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B

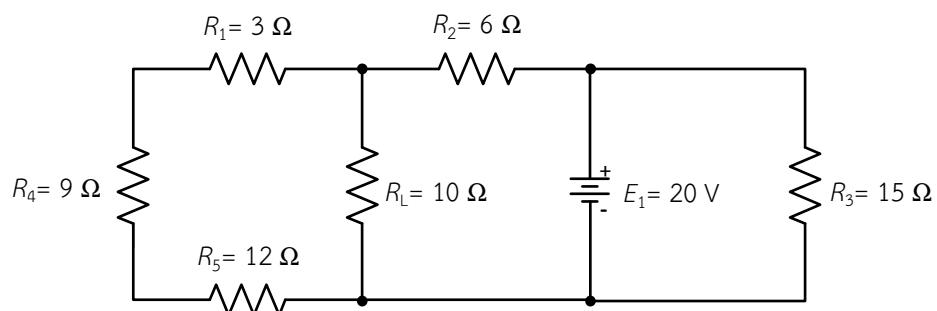
$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right)$$

$$= 9\text{ A} \left(\frac{4.44\ \Omega}{4.44\ \Omega + 10\ \Omega} \right)$$

$$I_L = 2.77\text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 2.77$ แอมแปร์

ตัวอย่างที่ 14.4 จากวงจรในรูปที่ 14.20 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

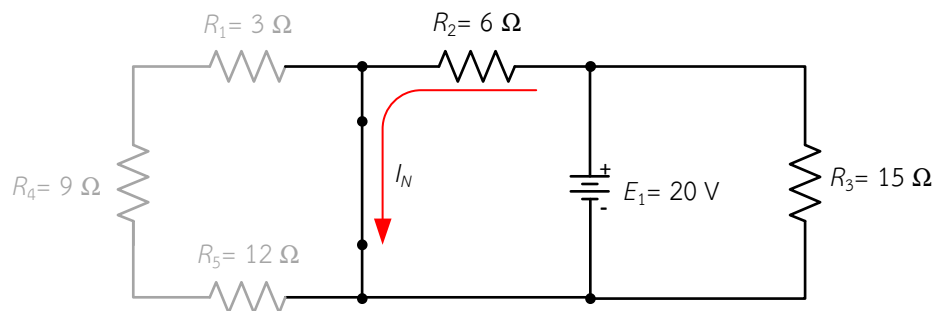


รูปที่ 14.20 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.21 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B



รูปที่ 14.21 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4

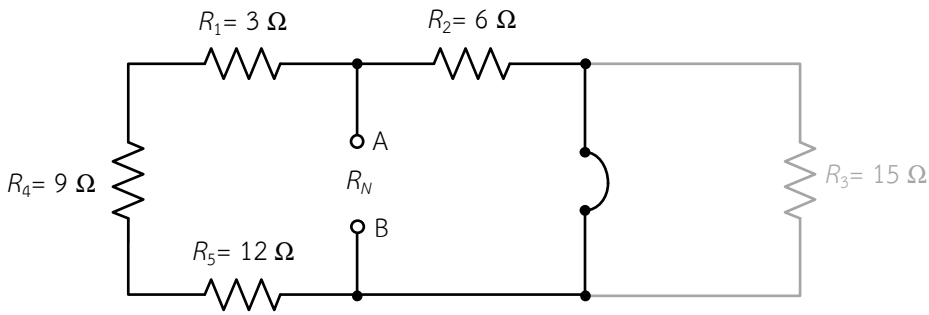
จากวงจรในรูปที่ 14.21 เมื่อลัดวงจรที่จุด A และ B จะทำให้ R_1, R_4 และ R_5 ถูกลัดวงจรด้วย ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวต้านทานทั้งสาม แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจร คำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ได้ดังนี้

กระแส I_N จึงเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 นั้นเอง จะได้

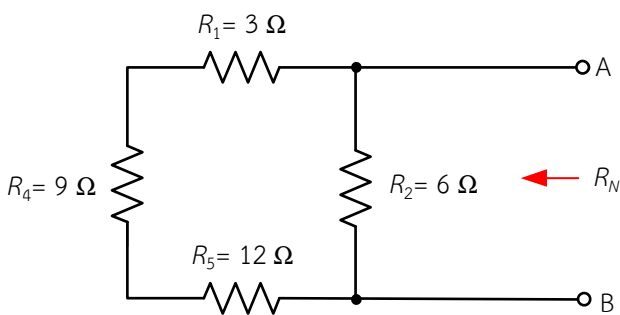
$$\begin{aligned}
 I_N &= \frac{E}{R_2} \\
 &= \frac{20\text{ V}}{6\ \Omega} \\
 I_N &= 3.33\text{ A}
 \end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.22

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง







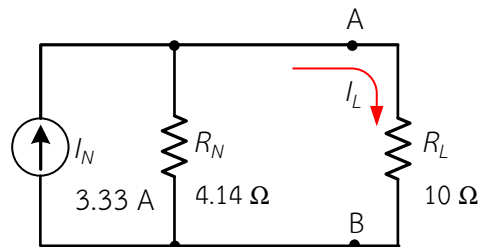
รูปที่ 14.22 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4

จากวงจรในรูปที่ 14.22 รูปล่าง จะเห็นว่า เมื่อปิดวงจรหรือลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็นผลให้ R_3 ถูกลัดวงจรไปด้วย ดังนั้นความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) จึงหาได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_N &= \frac{(R_1 + R_4 + R_5)R_2}{(R_1 + R_4 + R_5) + R_2} \\
 &= \frac{(3\Omega + 9\Omega + 12\Omega) \times 6\Omega}{(3\Omega + 9\Omega + 12\Omega) + 6\Omega} \\
 R_N &= 4.14\Omega
 \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.23 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

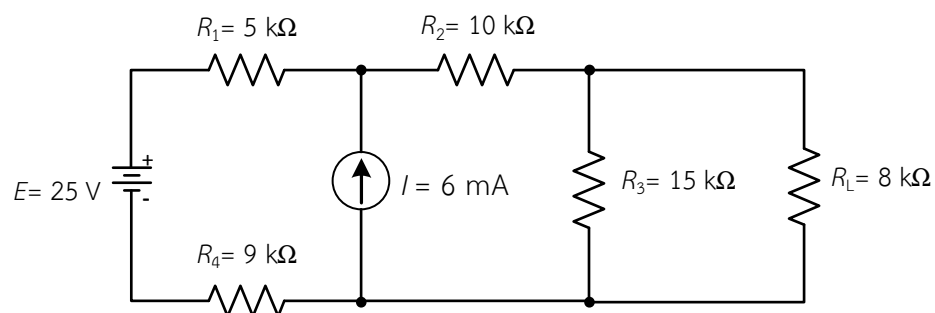


รูปที่ 14.23 แสดงวงจรเทียบเคียงโน้ดที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\
 &= 3.33 \text{ A} \left(\frac{4.14 \Omega}{4.14 \Omega + 10 \Omega} \right) \\
 &= 0.975 \text{ A} \\
 I_L &= 975 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 975$ มิลลิแอมแปร์

ตัวอย่างที่ 14.5 จากวงจรในรูปที่ 14.24 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

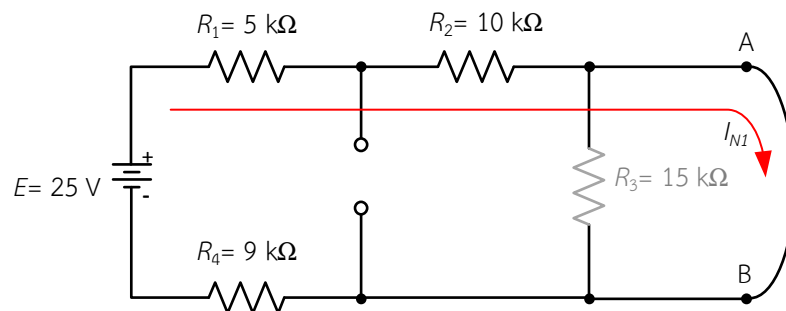


รูปที่ 14.24 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้ด (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B 2 ครั้ง โดยใช้ทฤษฎีการทับซ้อนดังรูปที่ 14.25 และ รูปที่ 14.26

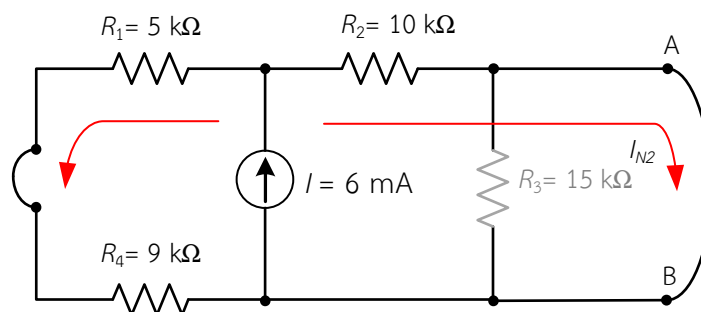
	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 14.25 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N1} ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5

จากวงจรในรูป 14.25 ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ต้องเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า และหากระแส I_{N1} ซึ่งไม่ไหลผ่าน R_3 ซึ่งจะหาค่ากระแส I_{N1} ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 I_{N1} &= \frac{E}{R_1 + R_2 + R_4} \\
 &= \frac{25 \text{ V}}{5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega} \\
 I_{N1} &= 1.042 \text{ mA}
 \end{aligned}$$



รูปที่ 14.26 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N2} ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5

จากวงจรในรูป 14.26 ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ต้องลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และหากระแส I_{N2} ซึ่งไม่ไหลผ่าน R_3 จะหาค่ากระแส I_{N2} ต้องใช้หลักการแบ่งกระแสจะหาค่าได้ดังนี้

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$I_{N2} = I \left(\frac{(R_1 + R_4)}{(R_1 + R_4) + R_2} \right)$$

$$= 6 \text{ mA} \left(\frac{(5 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega)}{(5 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega) + 10 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$I_{N2} = 3.5 \text{ mA}$$

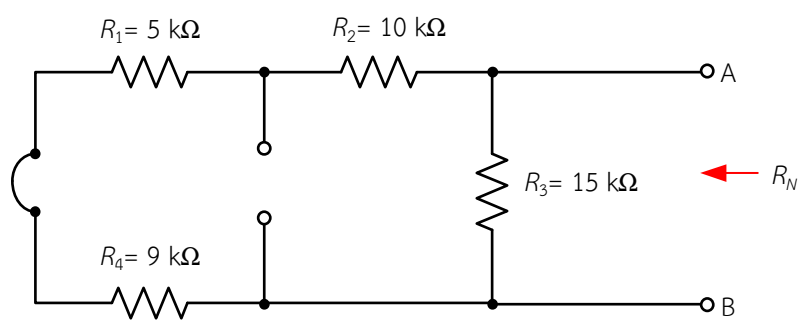
ดังนั้น

$$I_N = I_{N1} + I_{N2}$$

$$= 1.042 \text{ mA} + 3.5 \text{ mA}$$

$$= 4.542 \text{ mA}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B



รูปที่ 14.27 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4

จากวงจรในรูปที่ 14.27 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วเปิดวงจรที่จุด A และ B ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังนั้นความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) จึงหาได้ดังนี้

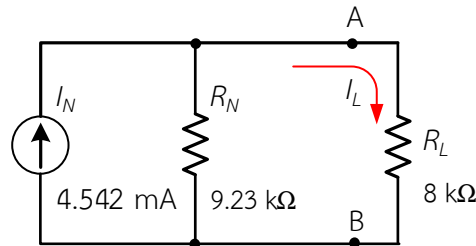
$$R_N = \frac{(R_1 + R_2 + R_4)R_3}{(R_1 + R_2 + R_4) + R_3}$$

$$= \frac{(5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega) \times 15 \text{ k}\Omega}{(5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega) + 15 \text{ k}\Omega}$$

$$R_N = 9.23 \text{ k}\Omega$$

	ใบเนื้อหา	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้อร์ตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.28 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.28 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\
 &= 4.542 \text{ mA} \left(\frac{9.23 \text{ k}\Omega}{9.23 \text{ k}\Omega + 8 \text{ k}\Omega} \right) \\
 I_L &= 2.43 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 2.43$ มิลลิแอมแปร์

สรุป

ทฤษฎีของนอร์ตันเป็นทฤษฎีที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยากซับซ้อนเช่นเดียวกับทฤษฎีของเทเวนิน โดยสามารถยุบวงจรที่ยุ่งยากให้เหลือเพียงแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าหนึ่งตัว ต่อขนานกับตัวต้านทานหนึ่งตัว การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ตัวต้านทานที่สนใจ มีขั้นตอน คือ ปลดตัวต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุดนั้นจากนั้นหาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตันที่ไหลผ่านจุดที่ลัดวงจร แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันที่มองจากจุดที่ปลดตัวต้านทานออก โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว หากมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าทุกตัว จากนั้นเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน (ซึ่งเป็นวงจรที่มีกระแสเทียบเคียงนอร์ตันต่อขนานกับ ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน) นำตัวต้านทานที่ได้ปลดออกในตอนแรกต่อขนานกับตัวต้านทานที่มีความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน จากนั้นใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้าคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่สนใจ



ใบแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีนอร์ตัน

จำนวน 4 ชั่วโมง

คำสั่ง จงตอบคำถามและแสดงวิธีทำให้สมบูรณ์ถูกต้อง (40 นาที)

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. คำกล่าวของทฤษฎีนอร์ตัน กล่าวว่าไว้ว่า (5 คะแนน)

.....

.....

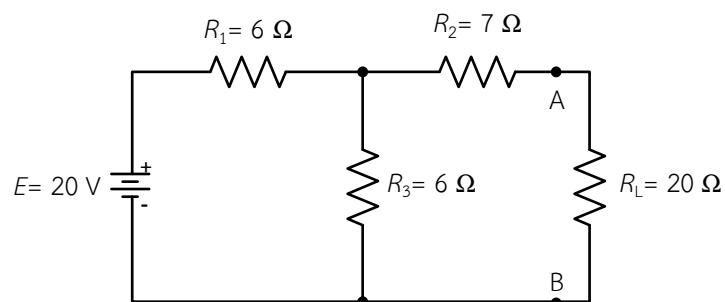
.....

2. ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตันมีกี่ขั้นตอน คือ (5 คะแนน)

This image shows a full page of white paper with horizontal dashed lines, typical of primary-ruled notebook paper. The lines are evenly spaced and run across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

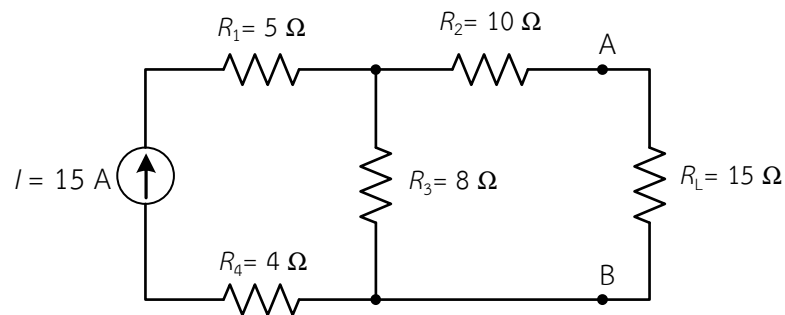
1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.29 คำนวณหากะแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_1 (10 คะแนน)



รูปที่ 14.29 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

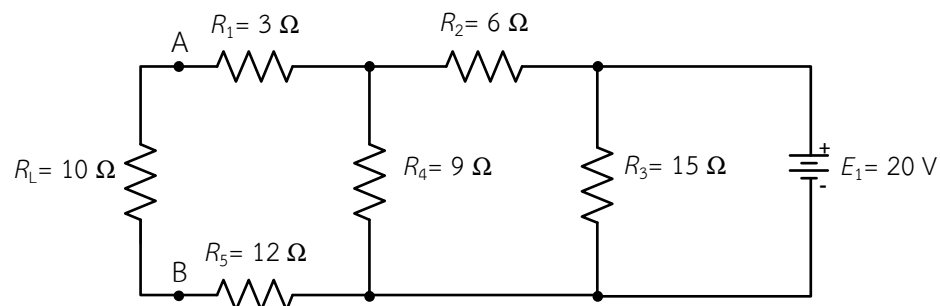
	ใบแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.29 คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (10 คะแนน)



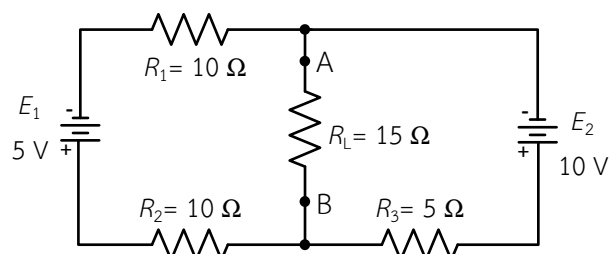
รูปที่ 14.30 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.30 คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (10 คะแนน)



รูปที่ 14.31 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.31 คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (10 คะแนน)



รูปที่ 14.32 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4



ใบแบบฝึกหัด

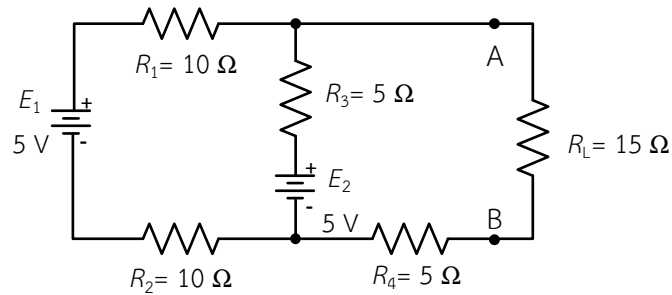
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

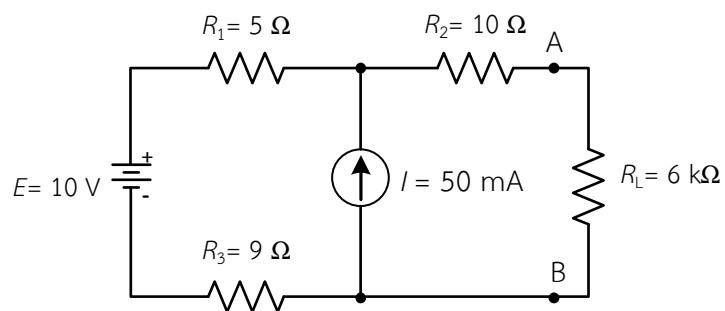
จำนวน 4 ชั่วโมง

5. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.32 คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (10 คะแนน)



รูปที่ 14.33 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

6. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.33 คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (10 คะแนน)



รูปที่ 14.34 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

	ใบประเมินผลแบบฝึกหัด		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน		4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
ตอนที่ 1			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1	5		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2	5		
ตอนที่ 2			
แบบฝึกหัดข้อที่ 1	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 2	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 3	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 4	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 5	10		
แบบฝึกหัดข้อที่ 6	10		
รวมคะแนน	70		
คะแนนจริง	10		

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

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินตัน	

คำสัง จงต่อวงจร วัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าที่ใช้ทฤษฎีอินตันโดยใช้มัลติมิเตอร์

จุดประสงค์การเรียนรู้การสอน

1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรไฟฟ้าที่ใช้ทฤษฎีอินตันในการในการพิสูจน์หาค่าที่ต้องการ

2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียนปฏิบัติ เรื่องทฤษฎีอินตันจบแล้ว ผู้เรียนสามารถ

- 2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าได้ถูกต้อง
- 2.2 วัดหาค่ากระแสเทียบเคียงอินตัน (I_N) ได้ถูกต้อง
- 2.3 วัดหาค่าความต้านทานเทียบเคียงอินตัน (R_N) ได้ถูกต้อง
- 2.4 ต่อวงจรเทียบเคียงอินตันได้ถูกต้อง
- 2.5 วัดหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L ได้ถูกต้อง
- 2.6 คำนวณหาค่ากระแสเทียบเคียงอินตัน (I_N) ความต้านทานเทียบเคียงอินตัน (R_N) และค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L ได้ถูกต้อง
- 2.7 ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกจิณสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้

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 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโนร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโนร์ตัน	

เนื้อหาสาระ

1. ทฤษฎีของนอร์ตัน

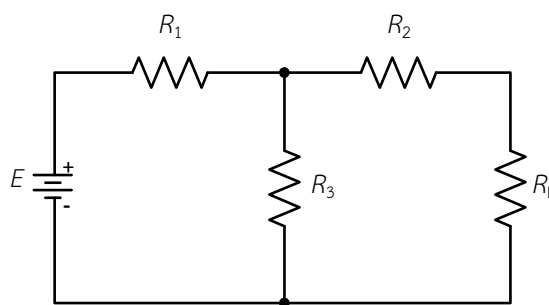
ทฤษฎีที่ค้นพบโดยนักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษ ชื่อ นอร์ตัน ได้ตั้งทฤษฎีเพื่อใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยทฤษฎีของนอร์ตัน กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่ สามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสเทียบเคียงนอร์ตันได้” โดยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันตัวหนึ่ง เรียกว่า วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

ให้ I_N คือ กระแสเทียบเคียงนอร์ตัน เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B ในขณะลัดวงจร

R_N คือ ความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน ซึ่งเป็นความต้านทานของวงจรที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันทุกตัว หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสให้เปิดวงจร

2. ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน

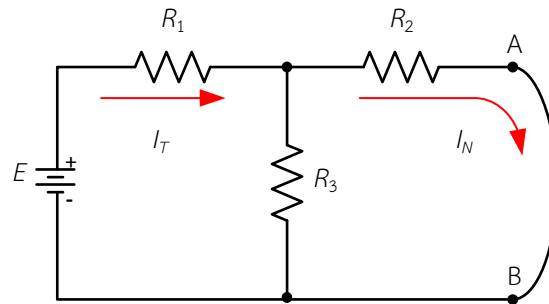
การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน จากวงจรในรูปที่ 14.1 มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 14.1 วงจรไฟฟ้า

2.1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.2 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้ดตัน	



รูปที่ 14.2 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน

จากวงจรในรูปที่ 14.2 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน จากนั้นใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแส I_N

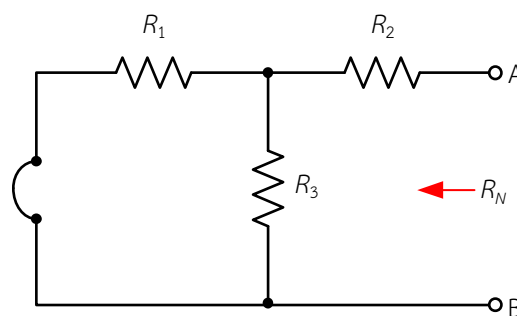
โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

$$R_T = \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) + R_1 \quad (14-1)$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} \quad (14-2)$$

$$I_N = I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \quad (14-3)$$

2.2 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ดังรูปที่ 14.3



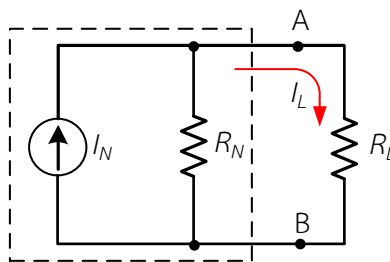
รูปที่ 14.3 แสดงการหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้ตัน	

จากวงจรในรูปที่ 14.3 หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตัน (R_N) ได้จากการนำ R_1 ขนานกับ R_3 แล้วอนุกรมกับ R_2 ดังสมการที่ (14-4) (การหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตันจะเหมือนกับการหาความต้านทานเทียบเคียงเทเวนิน)

$$R_N = \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} \right) + R_2 \quad (14-4)$$

2.3 นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงโน้ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.5 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.4 แสดงวงจรเทียบเคียงโน้ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B

ดังนั้น

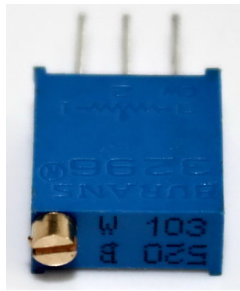
$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \quad (14-5)$$

3. ตัวต้านทานปรับค่าได้

ตัวต้านทานแบบนี้เป็นตัวต้านทานสามขั้ว ที่มีจุดแยกที่ปรับได้อย่างต่อเนื่อง ควบคุมโดยการหมุนของแกนหรือลูกบิด ตัวต้านทานที่ปรับค่าได้เหล่านี้มีชื่อเรียกว่า "โปเทนซิโอมิเตอร์" เมื่อทั้งสามขั้วทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งแรงดันที่ปรับได้ (adjustable voltage divider) ตัวอย่างที่พบบ่อยคือปุ่มปรับระดับเสียงของเครื่องรับวิทยุ (เครื่องรับแบบดิจิตอลอาจไม่มีปุ่มปรับระดับเสียงแบบแอนะล็อกเพื่อปรับความดัง)

โปเทนซิโอมิเตอร์ (Potentiometer) หรือ "ปอท" แบบติดตั้งบนแผงวงจรที่มีความแม่นยำความละเอียดสูง มีชิ้นส่วนที่ให้ความต้านทานปกติเป็นแบบลวดพันบนด้ามจับรูปเกลียว แม้ว่าบางตัวจะมีการนำพลาสติกหุ้มตัวต้านทานตัว ที่เคลือบบนสายไฟเพื่อช่วยปรับให้ละเอียดยิ่งขึ้น ส่วนประกอบเหล่านี้มักจะมีลวดพันอยู่หลายสิบรอบบนแกน เพื่อให้ครอบคลุมเต็มค่าของความต้านทานที่ผลิตขึ้น

	ใบงานที่ 14		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินทรีย์		4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินทรีย์		





ก) ตัวโปเทนซิโอมิเตอร์

ข) สัญลักษณ์โปเทนซิโอมิเตอร์

รูปที่ 14.5 แสดงตัวโปเทนซิโอมิเตอร์

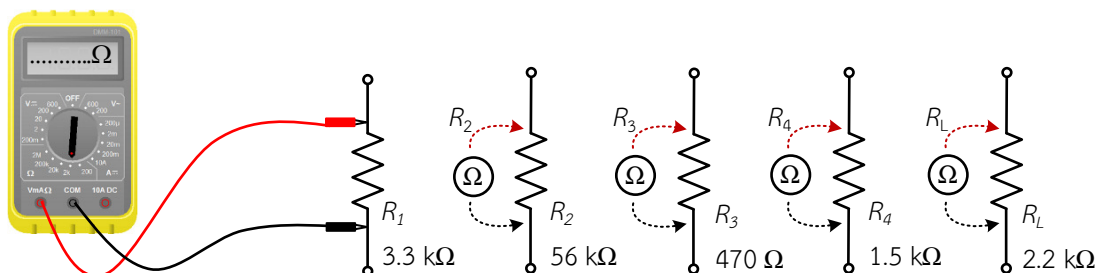
เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล	จำนวน	1	เครื่อง
2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0 – 30 V	จำนวน	1	เครื่อง
3. แผงประกอบวงจร	จำนวน	1	แผง
4. ตัวต้านทาน 1.5 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
5. ตัวต้านทาน 3.3 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
6. ตัวต้านทาน 3.3 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
7. ตัวต้านทาน 56 kΩ ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
8. ตัวต้านทาน 470 Ω ขนาด 1 W	จำนวน	1	ตัว
9. ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบละเอียด 10 kΩ	จำนวน	1	ตัว
10. สายต่อวงจร	จำนวน	8	เส้น
11. สายปากคีบ	จำนวน	8	เส้น
12. ไขควงปากแบนขนาดเล็ก	จำนวน	1	อัน

ลำดับขั้นตอนการทดลอง

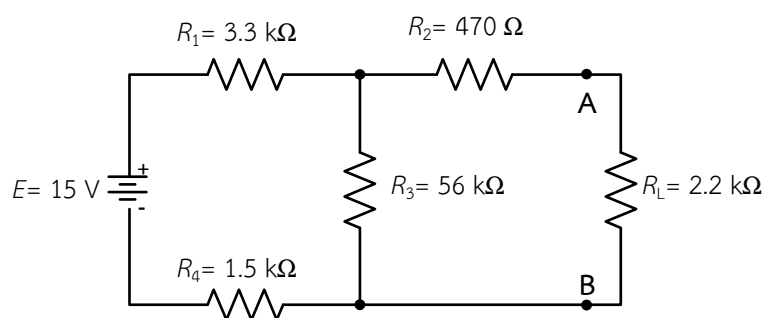
1. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 14.6 บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน	



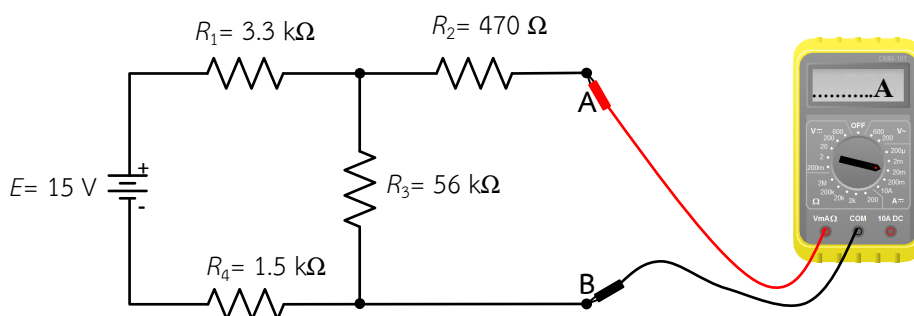
รูปที่ 14.6 วัดค่าความต้านทาน

2. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 14.7 ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E = 15\text{ V}$ ไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร



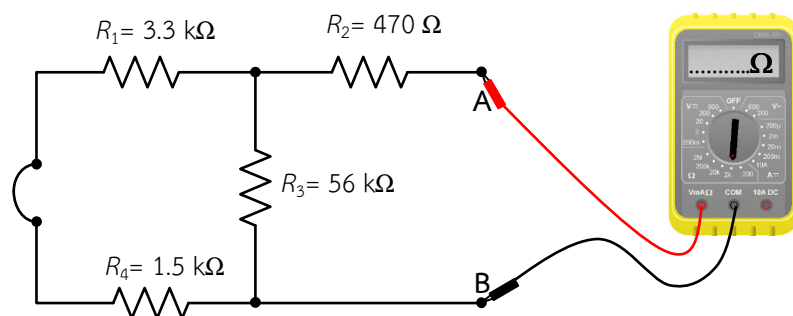
รูปที่ 14.7 วงจรการทดลอง

3. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B จ่ายแรงดันไฟฟ้า 15 V ให้กับวงจร จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงอินอร์ตัน (I_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.8 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1

รูปที่ 14.8 วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงอินอร์ตัน (I_N)

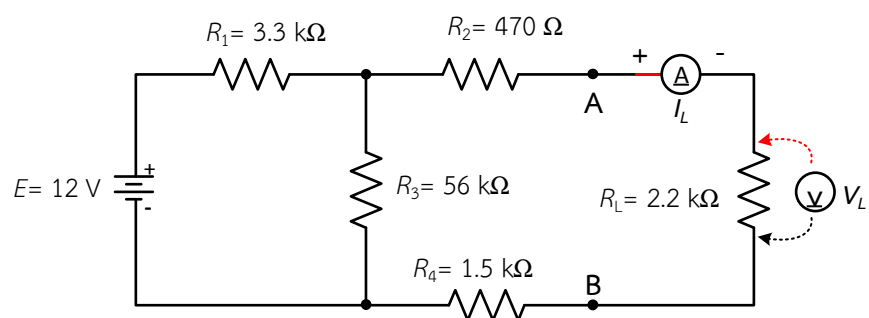
	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้ตัน	

4. ยังคงปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B และ ถัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโอห์มมิเตอร์วัดหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.9 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.9 วัดหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N)

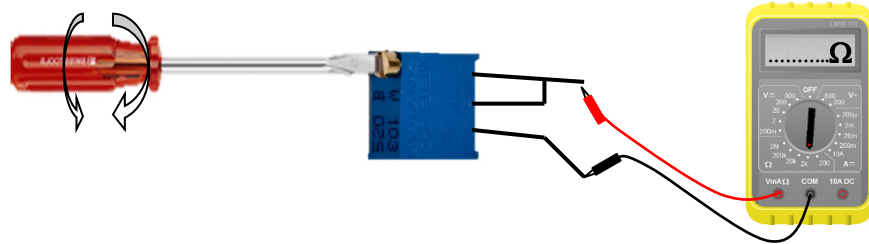
5. ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์วัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) และใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์วัดหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L (I_L) ดังรูปที่ 14.10 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.10 วัดหาค่า (V_L) และ (I_L)

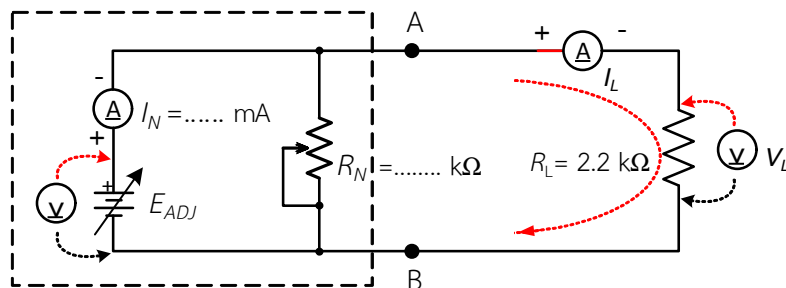
6. นำตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ $10\text{ k}\Omega$ ต่อวงจร ดังรูปที่ 14.11 นำไขควงปากแบบขนาดเล็กปรับค่าความต้านทานให้ได้เท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้รตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้รตัน	



รูปที่ 14.11 ปรับค่าความต้านทานให้ได้เท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงโน้รตัน (R_N)

7. นำมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์ มาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำไปต่อขนานตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ปรับค่าความต้านทานเท่ากับค่า R_N มาต่อวงจรการทดลองเป็นวงจรเทียบเคียงโน้รตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B แล้วปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (E_{ADJ}) ให้มีค่ากระแสไฟฟ้าที่ปรากฏที่มัลติมิเตอร์มีค่าเท่ากับ I_N จากนั้นวัดหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (I_L) และวัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) ตามรูปที่ 14.12 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.12 การทดลองวงจรเทียบเคียงโน้รตัน

8. นำค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดคำนวณหาค่า I_N , R_N , I_L และ V_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1

.....

.....

.....

.....

.....

.....

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน	

ตารางที่ 13.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_4	R_L	R_N	หน่วย
การวัด							Ω
การคำนวณ	-	-	-	-	-		Ω
ผลการทดลองจาก	I_L (ข้อที่ 5)			I_L (ข้อที่ 7)	I_N		หน่วย
การวัด							mA
การคำนวณ	-						mA
ผลการทดลองจาก	V_L (ข้อที่ 5)		V_L (ข้อที่ 7)		E	E_{ADJ}	หน่วย
การวัด							V
การคำนวณ					-		V

ข้อควรระวัง

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

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

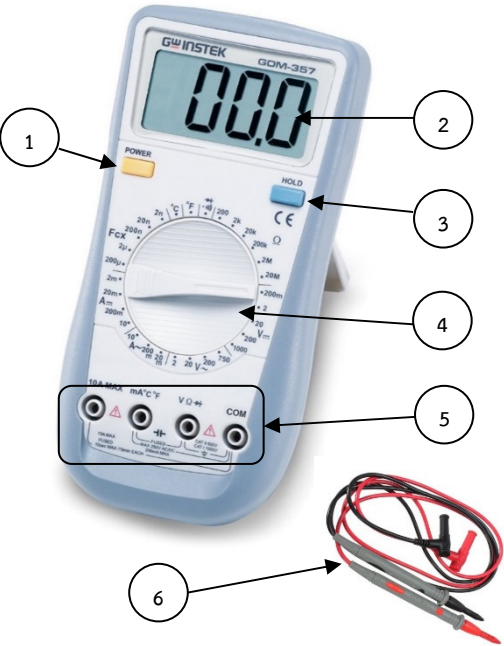
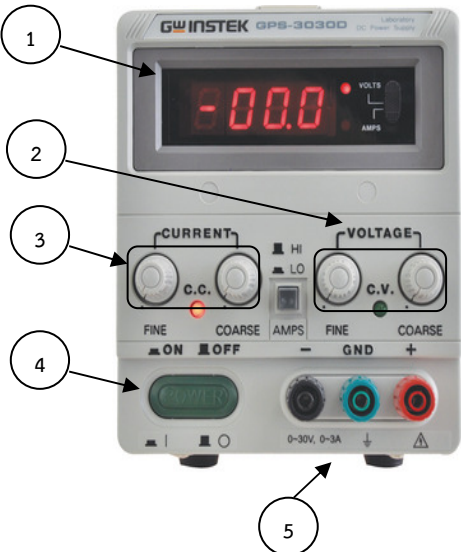
.....

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน	
..... คำถามท้ายการทดลอง 1. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L (I_L)$ และค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $R_L (V_L)$ ของวงจรเทียบเคียงอินอร์ตันตามรูปที่ 14.12 กับวงจรเดิมตามรูปที่ 14.10 มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร 2. ค่า I_N ที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร 3. ค่า R_N ที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร 		

	ใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน	

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">รายการ ตรวจสอบสภาพ</th> <th colspan="2">สภาพก่อน ใช้งาน</th> <th colspan="2">สภาพหลัง ใช้งาน</th> </tr> <tr> <th>ดี</th> <th>เสีย</th> <th>ดี</th> <th>เสีย</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>ปิด - เปิด</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>กรอบหน้าปัดตัวเลข</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	รายการ ตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อน ใช้งาน		สภาพหลัง ใช้งาน		ดี	เสีย	ดี	เสีย	1	ปิด - เปิด					2	กรอบหน้าปัดตัวเลข					3	ปุ่มลือคค่า					4	สวิตช์เลือกย่านวัด					5	ขั้วเสียบสายวัด					6	สายวัด									
ตำแหน่ง			รายการ ตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อน ใช้งาน		สภาพหลัง ใช้งาน																																													
	ดี	เสีย		ดี	เสีย																																														
1	ปิด - เปิด																																																		
2	กรอบหน้าปัดตัวเลข																																																		
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">รายการ ตรวจสอบสภาพ</th> <th colspan="2">สภาพก่อน ใช้งาน</th> <th colspan="2">สภาพหลัง ใช้งาน</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	รายการ ตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อน ใช้งาน		สภาพหลัง ใช้งาน		ดี	เสีย	ดี	เสีย	1	จอแสดงผล					2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน					3	ชุดปุ่มปรับกระแส					4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง					5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ															
ตำแหน่ง			รายการ ตรวจสอบสภาพ	สภาพก่อน ใช้งาน		สภาพหลัง ใช้งาน																																													
	ดี	เสีย		ดี	เสีย																																														
1	จอแสดงผล																																																		
2	ชุดปุ่มปรับแรงดัน																																																		
3	ชุดปุ่มปรับกระแส																																																		
4	สวิตช์เปิดปิดเครื่อง																																																		
5	ขั้ว บวก กราวด์ ลบ																																																		
สรุปการตรวจสอบสภาพแหล่งจ่ายไฟ ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้																																																			

	ใบประเมินผลใบงานที่ 14		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน		คะแนนเต็ม 75 คะแนน
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน		

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	หมายเหตุ
1.เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
2.วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว	5		
3.ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 14.7	5		
4.วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงอินอร์ตัน (I_N)	5		
5.วัดหาความต้านทานเทียบเคียงอินอร์ตัน (R_N)	5		
6.ต่อ R_L วัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) วัดหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L (I_L)	5		
7.นำตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ 10 k Ω ต่อวงจร	5		
8.วัดหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (I_L) และวัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) ตามรูปที่ 14.12	5		
9.คำนวณหาค่า I_N , R_N , I_L และ V_L	5		
10. สรุปผลการทดลอง	10		
11.ตอบคำถามท้ายการทดลอง	15		
12.เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์	5		
รวมคะแนน	75		

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

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินทรีย์	คะแนนเต็ม
	เรื่อง ทฤษฎีอินทรีย์	75 คะแนน
รายการประเมินผล 1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน 2. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 14.6 บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 14.6 บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2.5 คะแนน 3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 14.7 ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E = 15\text{ V}$ ไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร คะแนนเต็ม 5 คะแนน ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 14.7 ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E = 15\text{ V}$ ไม่จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 4. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B จ่ายแรงดันไฟฟ้า 15 V ให้กับวงจร จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.8 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B จ่ายแรงดันไฟฟ้า 15 V ให้กับวงจร จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์ วัดกระแสไฟฟ้าเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.8 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 5. ยังคงปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B และ ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโอห์มมิเตอร์วัดหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.9 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ยังคงปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B และ ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโอห์มมิเตอร์วัดหาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ระหว่างจุด A และ B ดังรูปที่ 14.9 บันทึกค่าที่ได้ลงในตารางที่ 14.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 6. ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์วัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $R_L (V_L)$ และใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์วัดหา		

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	คะแนนเต็ม
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน	75 คะแนน
กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L (I_L) ดังรูปที่ 14.10 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B จากนั้นใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นโวลต์มิเตอร์วัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) และใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์วัดหากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L (I_L) ดังรูปที่ 14.10 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 7. นำตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ $10\text{ k}\Omega$ ต่อวงจร ดังรูปที่ 14.11 นำไขควงปากแบบขนาดเล็กปรับค่าความต้านทานให้ได้เท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4 คะแนนเต็ม 5 คะแนน นำตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ $10\text{ k}\Omega$ ต่อวงจร ดังรูปที่ 14.11 นำไขควงปากแบบขนาดเล็กปรับค่าความต้านทานให้ได้เท่ากับค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่ได้จากการทดลองข้อที่ 4 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 1 คะแนน 8. นำมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์ มาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำไปต่อขนานตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ปรับค่าความต้านทานเท่ากับค่า R_N มาต่อวงจรการทดลองเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B แล้วปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (E_{ADJ}) ให้มีค่ากระแสไฟฟ้าที่ปรากฏที่มัลติมิเตอร์มีค่าเท่ากับ I_N จากนั้นวัดหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (I_L) และวัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) ตามรูปที่ 14.12 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน นำมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลทำหน้าที่เป็นแอมป์มิเตอร์ มาต่ออนุกรมกับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง แล้วนำไปต่อขนานตัวต้านทานแบบปรับค่าได้ที่ปรับค่าความต้านทานเท่ากับค่า R_N มาต่อวงจรการทดลองเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B แล้วปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (E_{ADJ}) ให้มีค่ากระแสไฟฟ้าที่ปรากฏที่มัลติมิเตอร์มีค่าเท่ากับ I_N จากนั้นวัดหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L (I_L) และวัดหาแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม R_L (V_L) ตามรูปที่ 14.12 และบันทึกผลค่าที่วัดได้ในตารางที่ 14.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 9. นำค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดคำนวณหาค่า I_N, R_N, I_L และ V_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน		

	เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินทรีย์	คะแนนเต็ม
	เรื่อง ทฤษฎีอินทรีย์	75 คะแนน
นำค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดคำนวณหาค่า I_N, R_N, I_L และ V_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้องตัดคะแนนจุดละ 2 คะแนน 10. สรุปผลการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน สรุปผลการทดลองครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ 10 คะแนน ไม่ครบทุกวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรม ตัดคะแนนข้อละ 3 คะแนน 11. ตอบคำถามท้ายการทดลอง คะแนนเต็ม 15 คะแนน ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกทุกข้อให้ 15 คะแนน ผิด ตัดคะแนนข้อละ 5 คะแนน 12. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนข้อละ 1 คะแนน		

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน	

คำชี้แจง

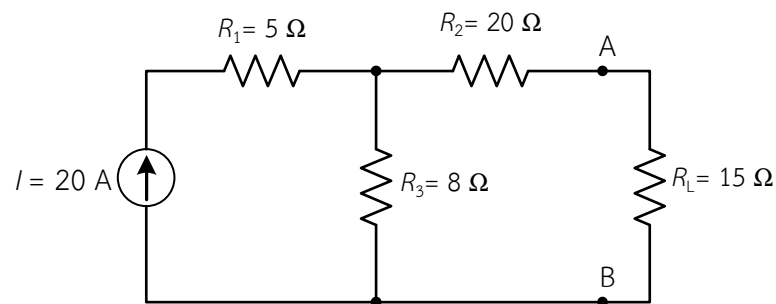
- จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
- แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 20 นาที

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1. บอกหลักการทฤษฎีของโน้ตันได้

1. ข้อใดคือทฤษฎีของโน้ตัน

- ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตัวหนึ่งต่อขนานกับความต้านทานตัวหนึ่ง
- ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าตัวหนึ่งต่อขนานกับความต้านทานตัวหนึ่ง
- ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวหนึ่ง
- ในวงจรไฟฟ้าที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ สามารถยุบวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าตัวหนึ่งต่ออนุกรมกับความต้านทานตัวหนึ่ง

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 2-6



รูปที่ 1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 2-6

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของโน้ตันได้

2. ข้อใดคือขั้นตอนการหากระแสเทียบเคียงโน้ตัน

- ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B แล้วหากระแสเทียบเคียงโน้ตัน
- ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B แล้วหากระแสเทียบเคียงโน้ตัน
- เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเคียงโน้ตันที่จุด A และ B
- ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเคียงโน้ตันที่จุด A และ B

	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน	

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 2. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของโน้ตันได้

3.ข้อใดคือขั้นตอนการหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตัน

ก. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A และ B แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตัน

ข. ปลด R_L ออกจากวงจร ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตันที่จุด A และ B

ค. ปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตันที่จุด A และ B

ง. ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงโน้ตัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณค่ากระแสเทียบเคียงโน้ตันได้

4.กระแสเทียบเคียงโน้ตัน (I_N) มีค่าเท่าไร

ก. 9.71 A

ข. 5.71 A

ค. 1.71 A

ง. 0.71 A

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. คำนวณค่าความต้านทานเทียบเคียงโน้ตันได้

5.ความต้านทานเทียบเคียงโน้ตัน (R_N) มีค่าเท่าไร

ก. 28 Ω

ข. 12 Ω

ค. 5.5 Ω

ง. 4.4 Ω

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 5. คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยทฤษฎีของโน้ตันได้

6.กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าไร

ก. 0.213 A

ข. 2.13 A

ค. 3.72 A

ง. 37.2 A



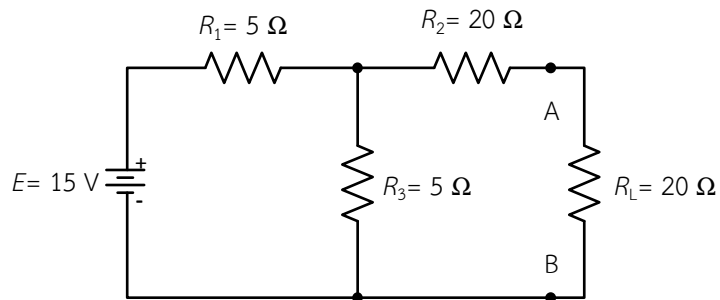
แบบทดสอบหลังเรียน

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10



รูปที่ 2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-10

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 3. คำนวณหาค่ากระแสเทียบเคียงโน้ดตันได้

7.กระแสเทียบเคียงโน้ดตัน (I_N) มีค่าเท่าไร

- ก. 0.44 A
- ข. 0.33 A
- ค. 0.22 A
- ง. 0.11 A

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 4. คำนวณหาค่าความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตันได้

8.ความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน (R_N) มีค่าเท่าไร

- ก. 22.5 Ω
- ข. 20 Ω
- ค. 12 Ω
- ง. 9 Ω

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 5. คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยทฤษฎีของโน้ดตันได้

9.กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าไร

- ก. 0.14 A
- ข. 0.15 A
- ค. 0.16 A
- ง. 0.17 A



แบบทดสอบหลังเรียน

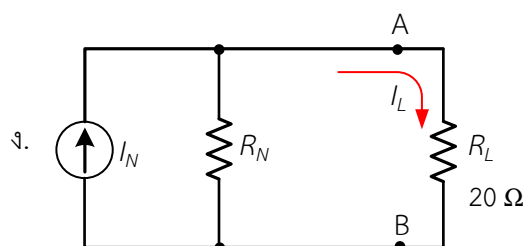
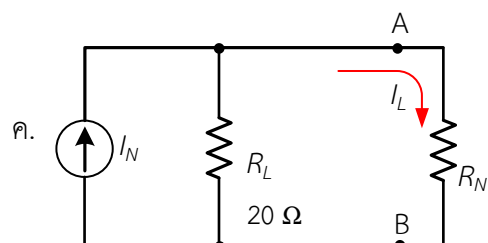
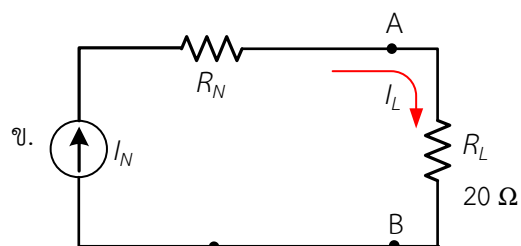
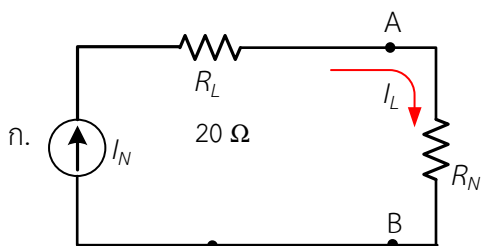
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ตัน

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1. บอกหลักการทฤษฎีของนอร์ตันได้

10. จากรูปที่ 2 เขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตันได้ตรงกับข้อใด



	แบบทดสอบหลังเรียน	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	

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 17	
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน			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 เรียบง่ายและประหยัด	3				
10. การมีส่วนร่วม : มีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม	3				
รวมคะแนน	30				

หมายเหตุ การประเมินสามารถทำได้ละข้อหรือหลายข้อและทำได้ทั้งขณะก่อนหรือระหว่าง หรือหลังเรียน

เกณฑ์การประเมิน

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

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

	เอกสารอ้างอิง	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	4 ชั่วโมง
ซัด อินทะสี. (2540). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพรินติ้ง. อัครศักดิ์ หมิ่นกำหรีม. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. บรรจง จันทมาศ. (2557). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง. พิมพ์ครั้งที่ 23. กรุงเทพฯ: พิมพ์ดีการพิมพ์. บุญล้ำ ศักดิภัทรนนท์. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย. ไมตรี วรจุติจรรยากุล. (2553). ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุงใหม่). พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ส.เอเชียเพรส. วราภรณ์ ทุมชาติ. (2556). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: รัตนโรจน์การพิมพ์. วิโรจน์ รัตนวิจารณ์. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ส.เต็มรักการพิมพ์. ไวพจน์ ศรีธัญ และคณิศร จันทโรสิดา. (2558). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: เอสเคเอส อินเตอร์ การพิมพ์ ศรีศักดิ์ น้อยไร่ภูมิ. (2557). วงจรไฟฟ้ากระแสตรง. กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. 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 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

ตอนที่ 1 จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. คำกล่าวของทฤษฎีโน้ดตัน กล่าวไว้ว่า

“ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่ สามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสเทียบเคียงโน้ดตัน (I_N) ได้” โดยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน (R_N) ตัวหนึ่ง เรียกว่าวงจรเทียบเคียงโน้ดตัน

2. ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของโน้ดตันมีกี่ขั้นตอน คือ

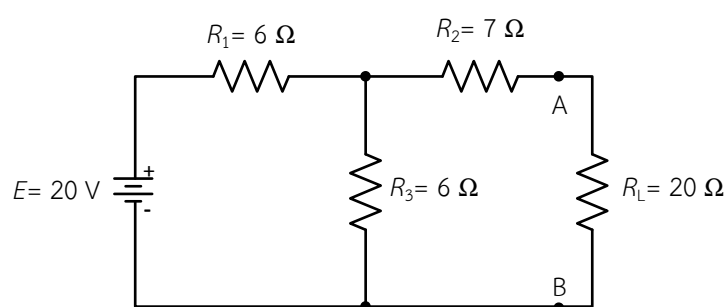
2.1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้ดตัน (I_N) ซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด A และ B

2.2 หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ดตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร

2.3 นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงโน้ดตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.29 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.29 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.30 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้ดตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B



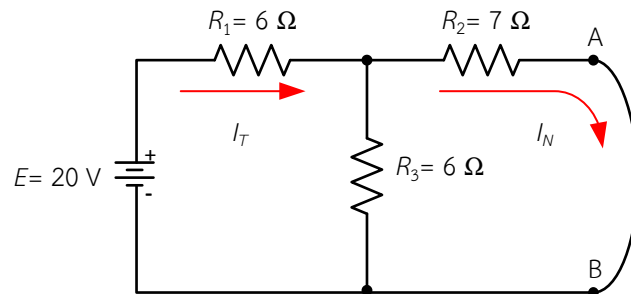
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด

จำนวน 4 ชั่วโมง



รูปที่ 14.30 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อที่ 1

จากวงจรในรูปที่ 14.30 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องหาค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน แล้วจึงใช้กฎการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

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

$$= \left(\frac{7 \Omega \times 6 \Omega}{7 \Omega + 6 \Omega} \right) + 6 \Omega$$

$$R_T = 9.23 \Omega$$

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

$$= \frac{20 \text{ V}}{9.23 \Omega}$$

$$I_T = 2.17 \text{ A}$$

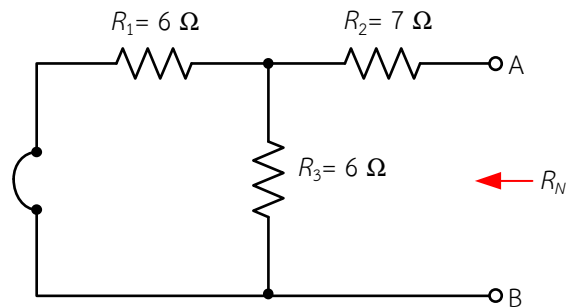
$$I_N = I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right)$$

$$= 2.17 \text{ A} \left(\frac{6 \Omega}{6 \Omega + 7 \Omega} \right)$$

$$I_N = 1 \text{ A}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ด (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่าย แรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร ดังรูปที่ 14.31

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

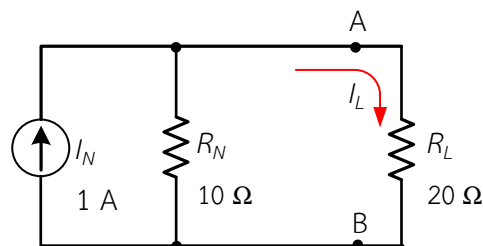


รูปที่ 14.31 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อที่ 1

จากวงจรในรูปที่ 14.10 หาค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตันได้จาก การนำ R_1 ขนานกับ R_3 แล้วอนุกรมกับ R_2 จะได้

$$\begin{aligned}
 R_N &= \frac{R_1 R_3}{(R_1 + R_3)} + R_2 \\
 &= \left(\frac{6 \Omega \times 6 \Omega}{6 \Omega + 6 \Omega} \right) + 7 \Omega \\
 R_N &= 10 \Omega
 \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.11 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.32 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อที่ 1

$$\begin{aligned}
 I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\
 &= 1 \text{ A} \left(\frac{10 \Omega}{10 \Omega + 20 \Omega} \right)
 \end{aligned}$$



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

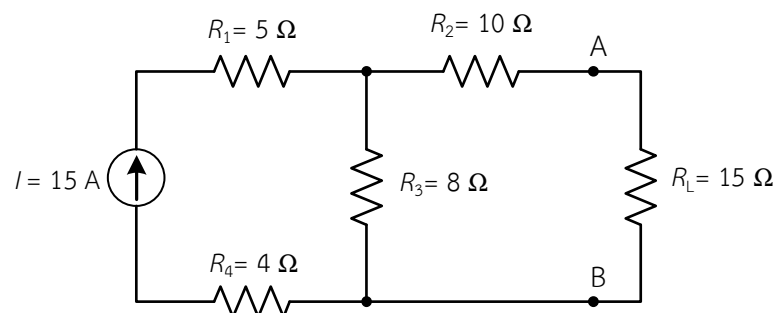
หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= 0.3333 \text{ A} = 333.3 \text{ mA}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 333.3$ มิลลิแอมแปร์

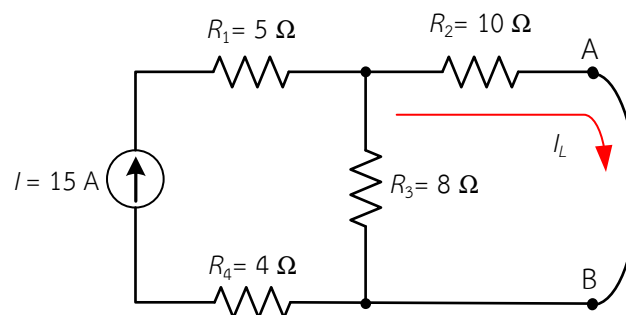
2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.33 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.33 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.34 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B



รูปที่ 14.34 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

กระแส I_N จึงเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 จึงใช้หลักการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

$$\begin{aligned} I_N &= I \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \\ &= 15 \text{ A} \left(\frac{8 \Omega}{8 \Omega + 10 \Omega} \right) = 6.67 \text{ A} \end{aligned}$$



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

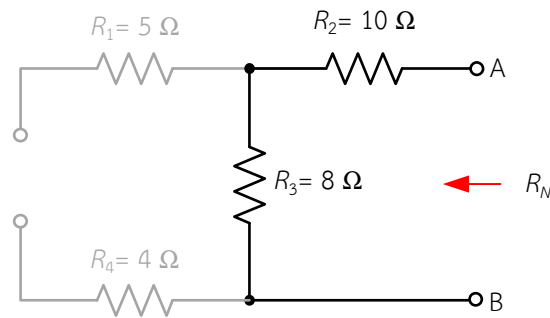
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

จำนวน 4 ชั่วโมง

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยเปิดวงจรที่แหล่งจ่าย กระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.35



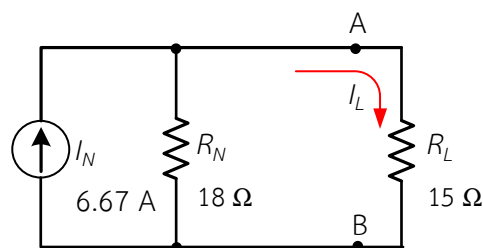
รูปที่ 14.35 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

จากวงจรในรูปที่ 14.35 หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ได้จาก การนำ R_2 อนุกรมกับ R_3 แล้วจึงขนานกับ R_4 จะได้

$$\begin{aligned} R_N &= R_2 + R_3 \\ &= 10 \, \Omega + 8 \, \Omega \end{aligned}$$

$$R_N = 18 \, \Omega$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.36 จากนั้น คำนวณหากระแสที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



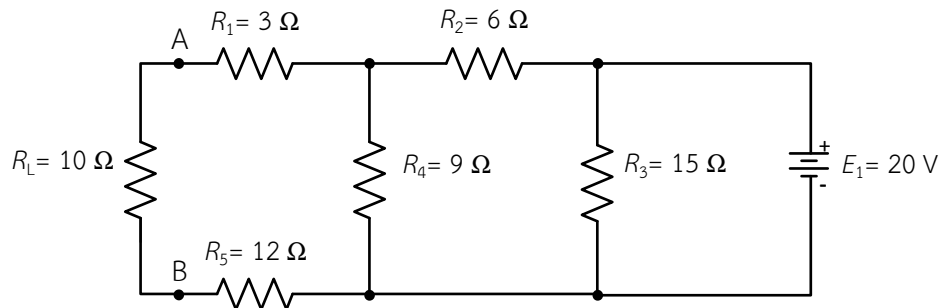
รูปที่ 14.36 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 6.67 \, \text{A} \left(\frac{18 \, \Omega}{18 \, \Omega + 15 \, \Omega} \right) \\ I_L &= 3.64 \, \text{A} \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 3.64$ แอมแปร์

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

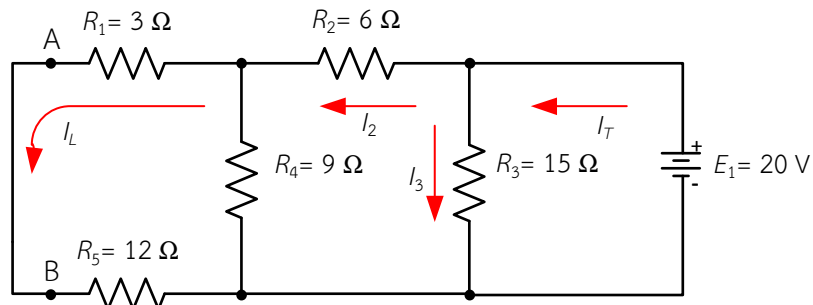
3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.37 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.37 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.38 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B



รูปที่ 14.38 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

จากวงจรในรูปที่ 14.38 เมื่อลัดวงจรที่จุด A และ B กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจรคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 R_{T1} &= \frac{(R_1 + R_5)R_4}{(R_1 + R_5) + R_4} + R_6 \\
 &= \left(\frac{(3\Omega + 12\Omega) \times 9\Omega}{(3\Omega + 12\Omega) + 9\Omega} \right) + 6\Omega \\
 R_{T1} &= 11.625\Omega
 \end{aligned}$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$I_2 = \frac{E_1}{R_{T1}}$$

$$= \frac{20 \text{ V}}{11.625 \Omega}$$

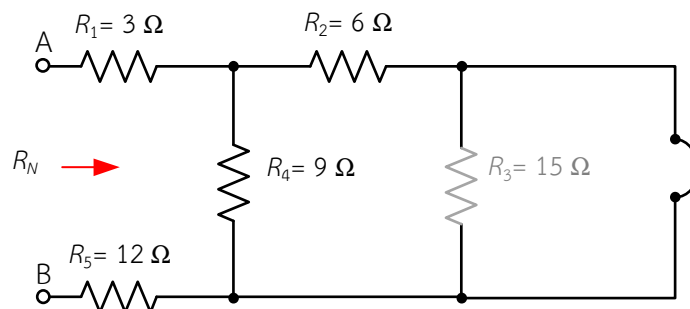
$$I_2 = 1.72 \text{ A}$$

$$I_N = I_2 \left(\frac{R_4}{R_4 + (R_1 + R_5)} \right)$$

$$= 1.72 \text{ A} \left(\frac{9 \Omega}{9 \Omega + (3 \Omega + 12 \Omega)} \right)$$

$$I_N = 0.645 \text{ A}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.39



รูปที่ 14.39 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

จากวงจรในรูปที่ 14.39 เมื่อปิดวงจรที่จุด A และ B และลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เป็นผลให้ R_3 ถูกลัดวงจรไปด้วย ดังนั้นความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) จึงหาได้ดังนี้

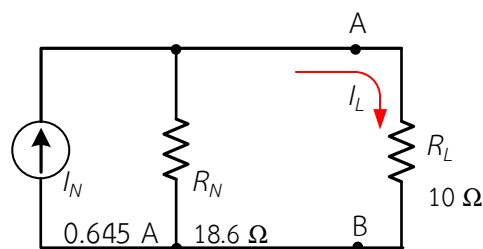
$$R_N = \left(\frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} \right) + R_1 + R_5$$

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้อร์ตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= \left(\frac{6\Omega \times 9\Omega}{6\Omega + 9\Omega} \right) + 3\Omega + 12\Omega$$

$$= 18.6\Omega$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.40 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.40 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right)$$

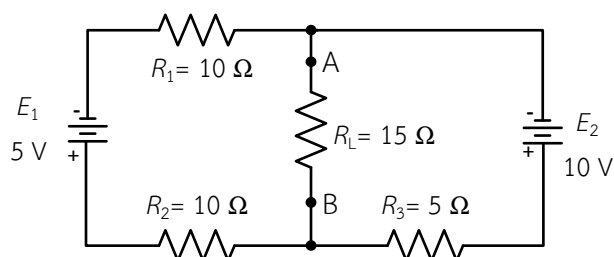
$$= 0.645 \text{ A} \left(\frac{18.6\Omega}{18.6\Omega + 10\Omega} \right)$$

$$= 0.419 \text{ A}$$

$$I_L = 419 \text{ mA}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 419$ มิลลิแอมแปร์

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.41 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

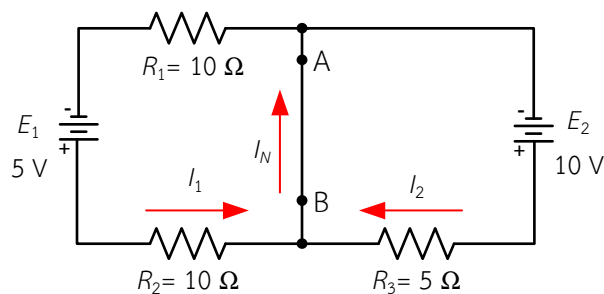


รูปที่ 14.41 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้ด (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B โดยมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.42



รูปที่ 14.42 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

จากวงจรในรูปที่ 14.42 จะเห็นว่า กระแส I_N เป็นผลรวมของกระแส I_1 และ I_2 จะได้

$$\begin{aligned}
 I_1 &= \frac{E_1}{R_1 + R_2} \\
 &= \frac{5 \text{ V}}{10 \Omega + 10 \Omega} \\
 I_1 &= 0.25 \text{ A} \\
 I_2 &= \frac{E_2}{R_3} \\
 &= \frac{10 \text{ V}}{5 \Omega} \\
 I_2 &= 2 \text{ A}
 \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned}
 I_N &= I_1 + I_2 \\
 &= 0.25 \text{ A} + 2 \text{ A} \\
 &= 2.25 \text{ A}
 \end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ด (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่าย แรงดันไฟฟ้าทุกตัว ดังรูปที่ 14.43



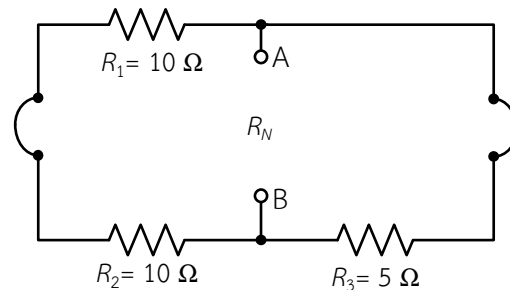
ใบเฉลยแบบฝึกหัด

รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน

จำนวน 4 ชั่วโมง

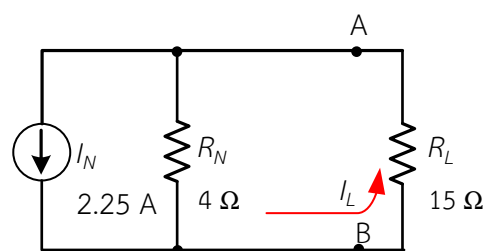


รูปที่ 14.43 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

จากวงจรในรูปที่ 14.43 หาค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ได้จาก R_1 อนุกรมกับ R_2 แล้วขนานกับ R_3 จะได้

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{(R_1 + R_2)R_3}{(R_1 + R_2) + R_3} \\ &= \frac{(10\ \Omega + 10\ \Omega) \times 5\ \Omega}{(10\ \Omega + 10\ \Omega) + 5\ \Omega} \\ &= 4\ \Omega \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.44 จากนั้น คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.44 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 2.25\ \text{A} \left(\frac{4\ \Omega}{4\ \Omega + 15\ \Omega} \right) \end{aligned}$$

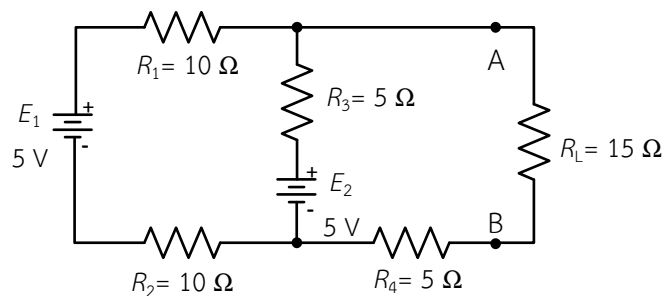
	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ดตัน	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$= 0.474 \text{ A}$$

$$= 474 \text{ mA}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 474$ มิลลิแอมแปร์

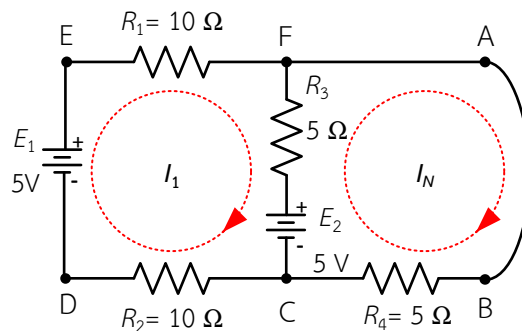
5. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.45 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.45 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B โดยมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.46



รูปที่ 14.46 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

จากวงจรในรูปที่ 14.46 จะเห็นว่า กระแส I_N เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในลูป ABCFA ดังนั้นนำวิธีกระแสเมฆมาวิเคราะห์หาค่า จะได้

$$\begin{bmatrix} (R_1 + R_3 + R_2) & -R_3 \\ -R_3 & (R_3 + R_4) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +E_1 - E_2 \\ +E_2 \end{bmatrix}$$

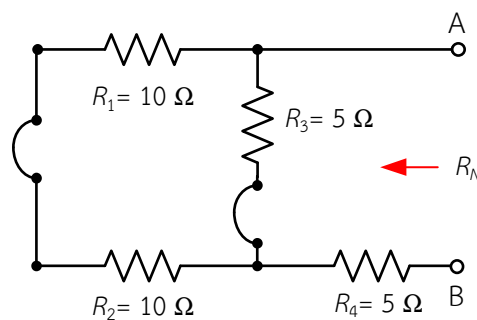
	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

$$\begin{bmatrix} (10 + 5 + 10) & -5 \\ -5 & (5 + 5) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +5 - 5 \\ +5 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 25 & -5 \\ -5 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 5 \end{bmatrix}$$

$$I_N = \frac{\begin{vmatrix} 25 & -5 \\ -5 & 10 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 25 & 0 \\ -5 & 5 \end{vmatrix}} = \frac{(25 \times 10) + (5 \times 5)}{(25 \times 5) + 0} = 0.556 \text{ A}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงโน้ด (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว ดังรูปที่ 14.47



รูปที่ 14.47 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

$$\begin{aligned} R_N &= \left(\frac{(R_1 + R_2)R_3}{(R_1 + R_2) + R_3} \right) + R_4 \\ &= \left(\frac{(10 \Omega + 10 \Omega) \times 5 \Omega}{(10 \Omega + 10 \Omega) + 5 \Omega} \right) + 5 \Omega \\ R_N &= 9 \Omega \end{aligned}$$



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

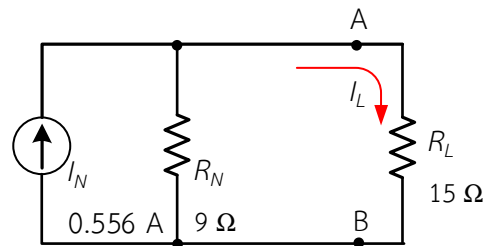
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด

จำนวน 4 ชั่วโมง

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.44 จากนั้น คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

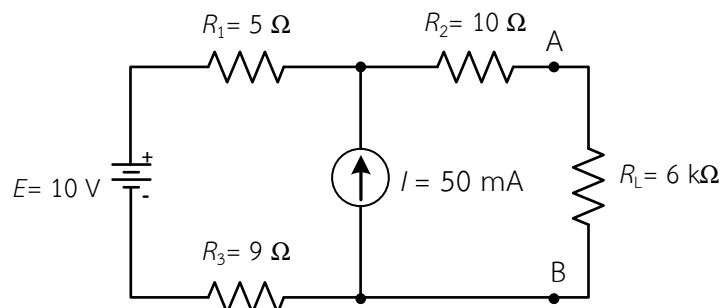


รูปที่ 14.48 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 0.556 \text{ A} \left(\frac{9 \Omega}{9 \Omega + 15 \Omega} \right) \\ &= 0.2085 \text{ A} \\ I_L &= 208.5 \text{ mA} \end{aligned}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 208.5$ มิลลิแอมแปร์

6. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 14.49 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.49 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

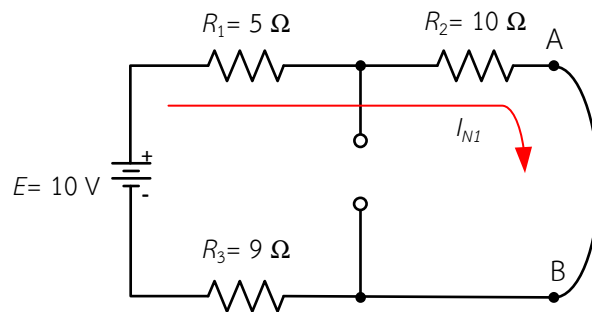
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด

จำนวน 4 ชั่วโมง

(I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B 2 ครั้ง โดยใช้ทฤษฎีการทับซ้อนดังรูปที่ 14.50 และ รูปที่ 14.51

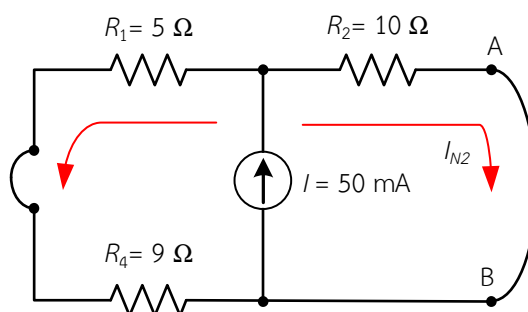


รูปที่ 14.50 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N1}

ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

จากวงจรในรูป 14.50 ใช้แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ต้องเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า และหากระแส I_{N1} ซึ่งไม่ไหลผ่าน R_2 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} I_{N1} &= \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} \\ &= \frac{10 \text{ V}}{5 \Omega + 10 \Omega + 9 \Omega} \\ &= 0.417 \text{ A} \\ I_{N1} &= 417 \text{ mA} \end{aligned}$$



รูปที่ 14.51 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N2}

ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

	ใบเฉลยแบบฝึกหัด	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด	จำนวน 4 ชั่วโมง

จากวงจรในรูป 14.51 ใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ต้องลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า และหากระแส I_{N2} ซึ่งไม่ไหลผ่าน R_2 จะหาค่ากระแส I_{N2} ต้องใช้หลักการแบ่งกระแสจะหาค่าได้ดังนี้

$$I_{N2} = I \left(\frac{(R_1 + R_4)}{(R_1 + R_4) + R_2} \right)$$

$$= 50 \text{ mA} \left(\frac{(5 \Omega + 9 \Omega)}{(5 \Omega + 9 \Omega) + 10 \Omega} \right)$$

$$I_{N2} = 29.17 \text{ mA}$$

ดังนั้น

$$I_N = I_{N1} + I_{N2}$$

$$= 417 \text{ mA} + 29.17 \text{ mA}$$

$$= 446.17 \text{ mA}$$

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 14.52

รูปที่ 14.52 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

จากวงจรในรูปที่ 14.52 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วเปิดวงจรที่จุด A และ B ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังนั้นความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) จึงหาได้ดังนี้

$$R_N = R_1 + R_2 + R_4$$

$$= 5 \Omega + 10 \Omega + 9 \Omega$$

$$= 24 \Omega$$



ใบเฉลยแบบฝึกหัด

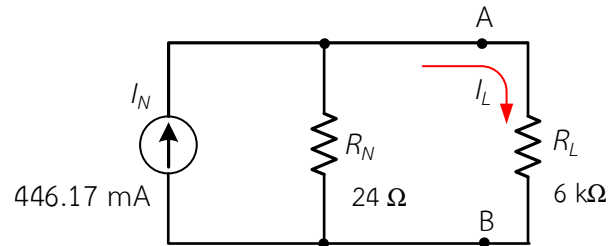
รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

สัปดาห์ที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้ด

จำนวน 4 ชั่วโมง

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.28 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.53 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามแบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

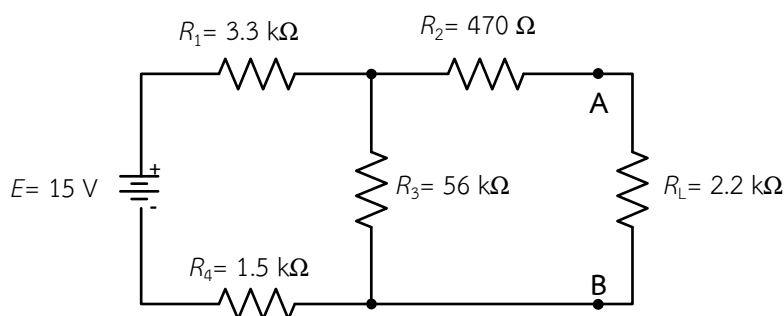
$$\begin{aligned}
 I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\
 &= 446.17 \text{ mA} \left(\frac{24 \, \Omega}{24 \, \Omega + 6 \, \text{k}\Omega} \right) \\
 I_L &= 1.78 \text{ mA}
 \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 1.78$ มิลลิแอมแปร์

	เฉลยใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้รตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้รตัน	

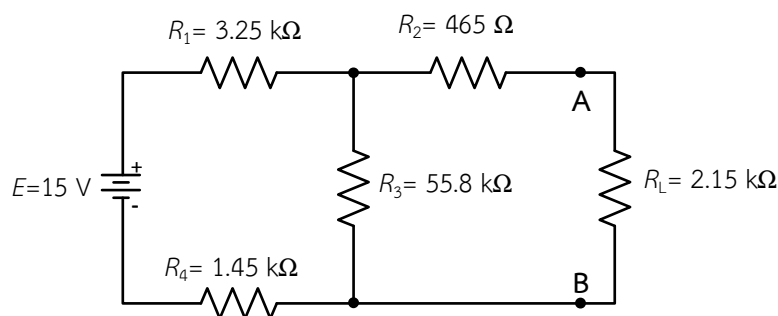
ลำดับขั้นการทดลอง

8. นำค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดคำนวณหาค่า I_N , R_N , I_L และ V_L บันทึกค่าลงในตารางที่ 14.1



รูปที่ 14.7 วงจรการทดลองตามวงจรการทดลองใบงานที่ 14

นำค่าความต้านทานแต่ละตัวที่วัดได้ประกอบได้เป็นวงจรที่ใช้ในการคำนวณดังนี้

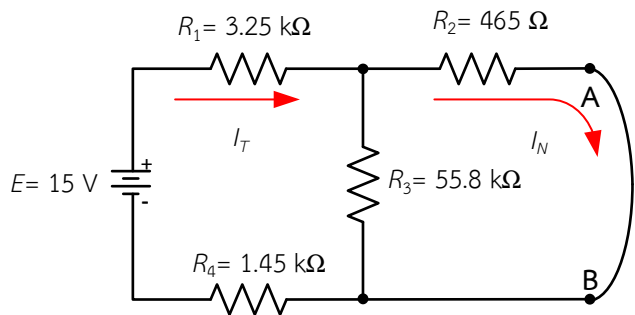


รูปที่ 14.13 วงจรการทดลองที่นำค่าความต้านทานที่ได้จากการวัดมาคำนวณตามวงจรการทดลองใบงานที่ 14

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.14 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงโน้รตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A และ B

	เฉลยใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินทรีย์	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินทรีย์	



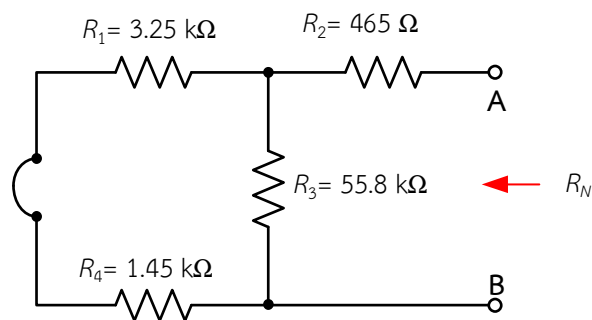
รูปที่ 14.14 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามวงจรการทดลองใบงานที่ 14

จากวงจรในรูปที่ 14.14 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องหาค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน แล้วจึงใช้กฎการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

$$\begin{aligned} R_T &= \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} + R_1 + R_4 \\ &= \left(\frac{465 \, \Omega \times 55.8 \, \text{k}\Omega}{465 \, \Omega + 55.8 \, \text{k}\Omega} \right) + 3.25 \, \text{k}\Omega + 1.45 \, \text{k}\Omega \\ &= 5161.1 \, \Omega \\ R_T &= 5.161 \, \text{k}\Omega \\ I_T &= \frac{E}{R_T} \\ &= \frac{15 \, \text{V}}{5.161 \, \text{k}\Omega} \\ I_T &= 2.9 \, \text{mA} \\ I_N &= I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \\ &= 2.9 \, \text{mA} \left(\frac{55.8 \, \text{k}\Omega}{55.8 \, \text{k}\Omega + 465 \, \Omega} \right) \\ I_N &= 2.88 \, \text{mA} \end{aligned}$$

	เฉลยใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้อร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้อร์ตัน	

หาความต้านทานเทียบเคียงโน้อร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร ดังรูปที่ 14.15

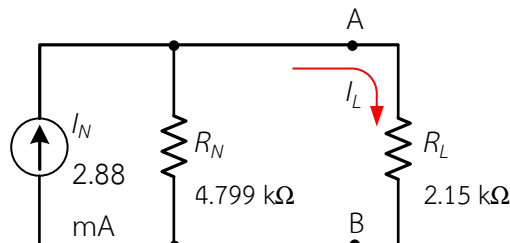


รูปที่ 14.15 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามวงจรการทดลองใบงานที่ 14

จากวงจรในรูปที่ 14.15 หาความต้านทานเทียบเคียงโน้อร์ตันได้จาก การนำ R_1 อนุกรมกับ R_4 แล้วขนานกับ R_3 จากนั้นนำมาอนุกรมกับ R_2 จะได้

$$\begin{aligned}
 R_N &= \frac{(R_1 + R_4)R_3}{(R_1 + R_4) + R_3} + R_2 \\
 &= \left(\frac{(3.25 \text{ k}\Omega + 1.45 \text{ k}\Omega) \times 55.8 \text{ k}\Omega}{(3.25 \text{ k}\Omega + 1.45 \text{ k}\Omega) + 55.8 \text{ k}\Omega} \right) + 465 \Omega \\
 &= 4799.9 \Omega \\
 R_N &= 4.799 \text{ k}\Omega
 \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงโน้อร์ตัน (R_N) แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.16 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.16 แสดงวงจรเทียบเคียงโน้อร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ของวงจรไฟฟ้าตามวงจรการทดลองใบงานที่ 14

	เลขใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโน้อร์ตัน	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีโน้อร์ตัน	

$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right)$$

$$= 2.88 \text{ mA} \left(\frac{4.799 \text{ k}\Omega}{4.799 \text{ k}\Omega + 2.15 \text{ k}\Omega} \right)$$

$$I_L = 1.99 \text{ mA}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 1.99$ มิลลิแอมแปร์

$$V_L = I_L R_L$$

$$= 1.99 \text{ mA} \times 2.15 \text{ k}\Omega$$

$$= 4.28 \text{ V}$$

ตารางที่ 14.1 ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลองจาก	R_1	R_2	R_3	R_4	R_L	R_N	หน่วย
การวัด	3.25	465 Ω	55.8	1.45	2.15	4.8	k Ω
การคำนวณ	-	-	-	-	-	4.799	k Ω
ผลการทดลองจาก	I_L (ข้อที่ 5)		I_L (ข้อที่ 7)		I_N		หน่วย
การวัด	1.98		1.81		2.82		mA
การคำนวณ	-		1.99		2.88		mA
ผลการทดลองจาก	V_L (ข้อที่ 5)		V_L (ข้อที่ 7)		E	E_{ADJ}	หน่วย
การวัด	4.21		4.19		15	4.28	V
การคำนวณ	4.28		4.28		-		V

หมายเหตุ ผลที่ได้จากการทดลองควรมีค่าใกล้เคียงกับในตารางอาจมีความแตกต่างได้ขึ้นอยู่กับความผิดพลาดของค่าอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

ทฤษฎีของนอร์ตันเป็นทฤษฎีที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยาก โดยสามารถยุบวงจรที่ยุ่งยากให้เหลือเพียงแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าหนึ่งตัว ต่อขนานกับตัวต้านทานหนึ่งตัว การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหา

	เฉลยใบงานที่ 14		
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง		สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน		4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินอร์ตัน		

ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ตัวต้านทานที่สนใจ มีขั้นตอน คือ ปลดตัวต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุดนั้น จากนั้นวัดหาค่ากระแสเทียบเคียงอินอร์ตันที่ไหลผ่านจุดที่ลัดวงจร แล้วหาความต้านทานเทียบเคียงอินอร์ตัน ที่วัดได้จากจุดที่ปลดตัวต้านทานออก โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว จากนั้นประกอบวงจรเทียบเคียงอินอร์ตัน (ซึ่งเป็นวงจรที่มีกระแสเทียบเคียงอินอร์ตันต่อขนานกับ ตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเทียบเคียงอินอร์ตัน) นำตัวต้านทานที่ได้ปลดออกในตอนแรกต่อขนานกับตัวต้านทานที่มีความต้านทานเทียบเคียงอินอร์ตัน จากนั้นวัดหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่สนใจและวัดแรงดันตกคร่อม

คำถามท้ายการทดลอง

1. ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L (I_L)$ และค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม $R_L (V_L)$ ของวงจรเทียบเคียงอินอร์ตันตามรูปที่ 14.12 กับวงจรเดิมตามรูปที่ 14.10 มีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ผลการทดลองจาก	I_L (รูปที่ 14.10)	I_L (รูปที่ 14.12)	หน่วย
การวัด	1.98	1.81	mA

ผลการทดลองจาก	V_L (รูปที่ 14.10)	V_L (รูปที่ 14.12)	หน่วย
การวัด	4.21	4.19	V

มีค่าใกล้เคียงกัน แตกต่างนิดหน่อยเพราะขั้นตอนการปรับตัวต้านทานปรับค่าได้ให้มีค่าเท่ากับค่า R_N มีโอกาสคลาดเคลื่อนเนื่องจากการปรับในแต่ละรอบการหมุนค่ายังไม่ละเอียดพอ

2. ค่า I_N ที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ผลการทดลองจาก	I_N	หน่วย
การวัด	2.82	mA
การคำนวณ	2.88	mA

	เฉลยใบงานที่ 14	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินทรีย์	4 ชั่วโมง
	เรื่อง ทฤษฎีอินทรีย์	

มีค่าเท่ากัน หรือแตกต่างกันเล็กน้อยเพราะขั้นตอนการคำนวณถ้านำค่าความต้านทานตามวงจรเริ่มต้น จะไม่ใช่ค่าจริงเพราะตัวต้านทานมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ทุกตัว แต่ถ้านำค่าตัวต้านทานที่วัดเอาค่าจริงมา คำนวณค่าที่ได้จะมีค่าเท่ากับที่วัดได้

3. ค่า R_N ที่ได้จากการคำนวณและจากการวัดมีค่าเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

ผลการทดลองจาก	R_N	หน่วย
การวัด	4.8	$k\Omega$
การคำนวณ	4.799	$k\Omega$

มีค่าเท่ากัน หรือแตกต่างกันเล็กน้อยเพราะขั้นตอนการคำนวณถ้านำค่าความต้านทานตามวงจรเริ่มต้น จะไม่ใช่ค่าจริงเพราะตัวต้านทานมีเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดอยู่ทุกตัว แต่ถ้านำค่าตัวต้านทานที่วัดเอาค่าจริงมา คำนวณค่าที่ได้จะมีค่าเท่ากับที่วัดได้



ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน

รหัสวิชา 2104-2002 วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง

หน่วยที่ 17

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน

จำนวน 10 ข้อ

ก่อนเรียน

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

หลังเรียน

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

	ใบสรุปการประเมินผล	
	รหัส 2104-2002 ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง	สัปดาห์ที่ 17
	หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีอินอร์ตัน	4 ชั่วโมง

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

รายการประเมินผล	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้
1. แบบทดสอบก่อนเรียน	10	
2. ใบแบบฝึกหัด	70	
3. ใบงาน	75	
4. แบบทดสอบหลังเรียน	10	
5. คุณธรรม จริยธรรม	30	
รวมคะแนน	195	

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

หน่วยที่ 14 : ทฤษฎีโนรตัน (NORTON'S THEOREM)

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัส 2104-2002

1

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจการใช้ทฤษฎีของนอร์ตันในการ
แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกหลักการทฤษฎีของนอร์ตันได้
2. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตันได้
3. คำนวณหาค่ากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน ได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน ได้
5. คำนวณหากะแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยทฤษฎีของนอร์ตันได้

สาระการเรียนรู้

14.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน

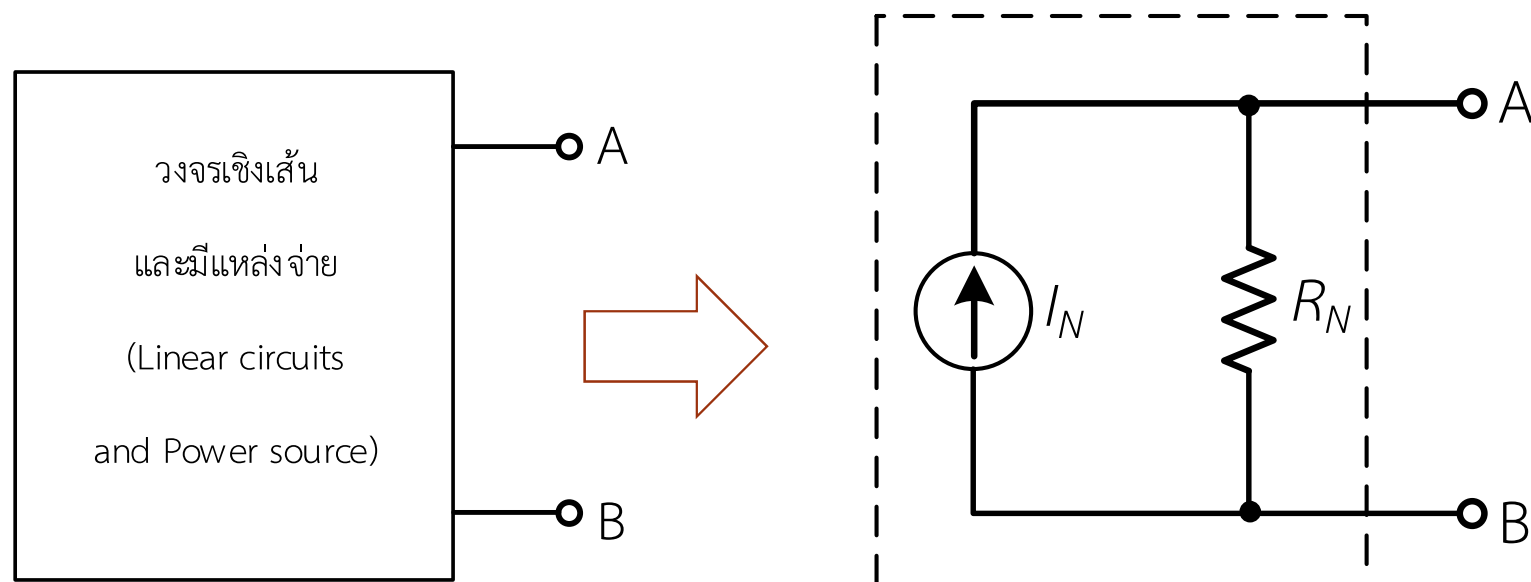
14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน

14.3 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

14.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน (NORTON'S THEOREM)

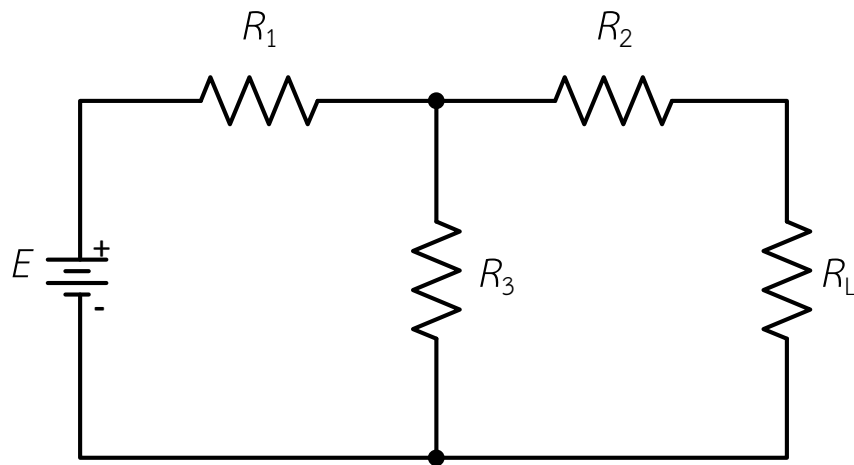
“ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่ สามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (Norton Current : I_N) ได้”

โดยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (Norton Resistance : R_N) ตัวหนึ่ง เรียกว่า วงจรเทียบเคียงนอร์ตัน (Norton Equivalent Circuit)

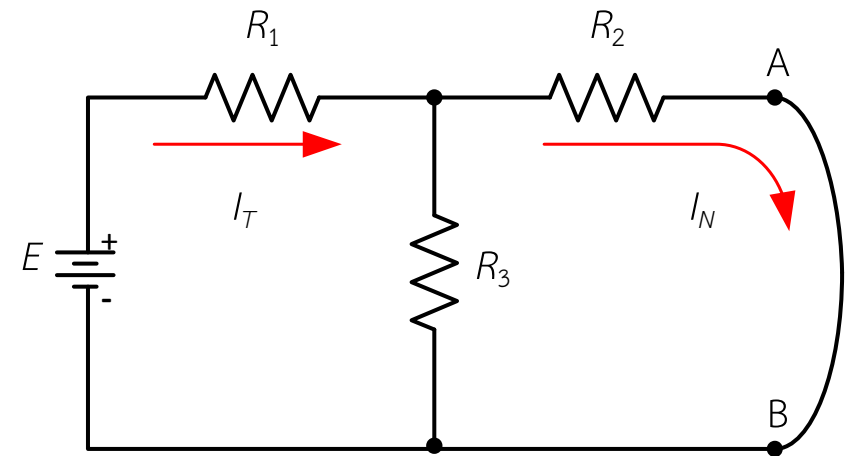
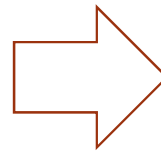


รูปที่ 14.1 หลักการของทฤษฎีของนอร์ตัน

14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน



รูปที่ 14.2 วงจรไฟฟ้า

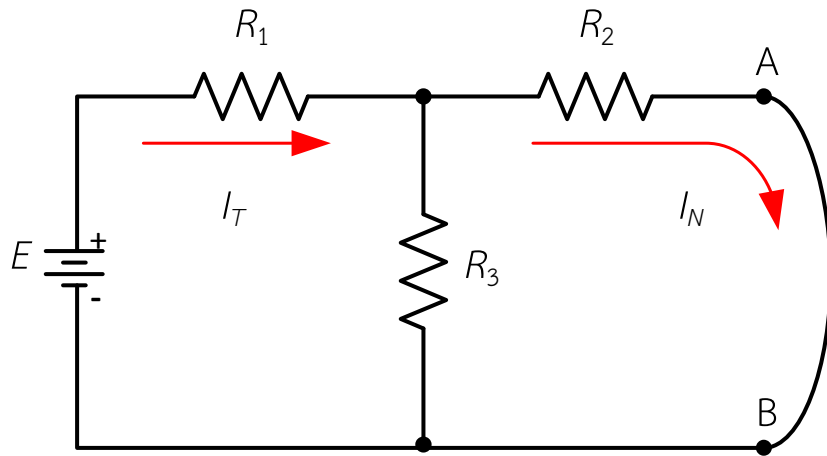


รูปที่ 14.3 แสดงวงจรที่ปลด R_L

1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B

คำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน



รูปที่ 14.3 แสดงวงจรที่ปลด R_L

$$R_T = \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) + R_1 \dots\dots\dots (14-1)$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} \dots\dots\dots (14-2)$$

$$I_N = I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \dots\dots\dots (14-3)$$

1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B

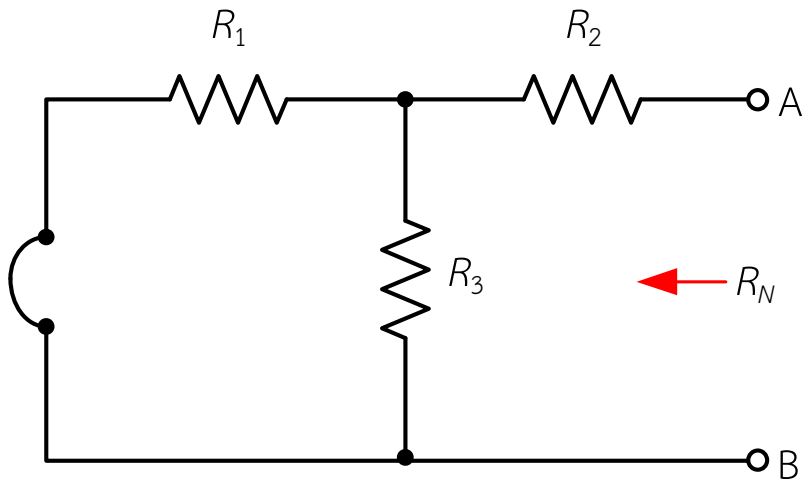
คำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน

2. หาคความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B

โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร

(หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร)



$$R_N = \left(\frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} \right) + R_2 \quad \text{.....(14-4)}$$

รูปที่ 14.4 แสดงการหาคความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน

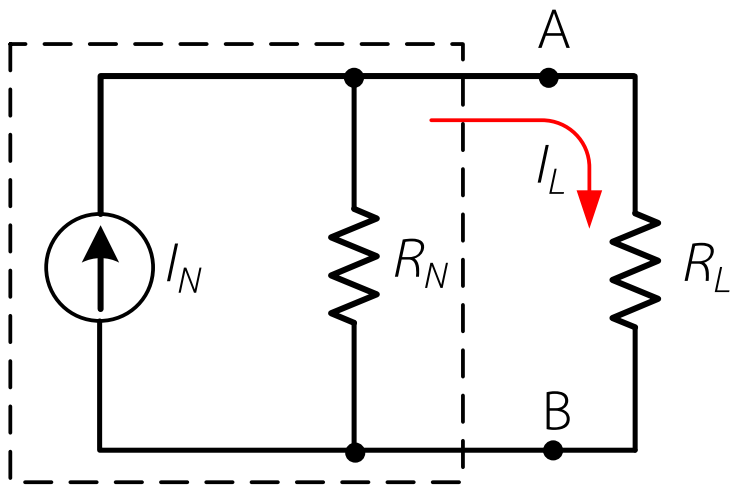
14.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน

3. นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B ดังรูปที่ 14.5

คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L

โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



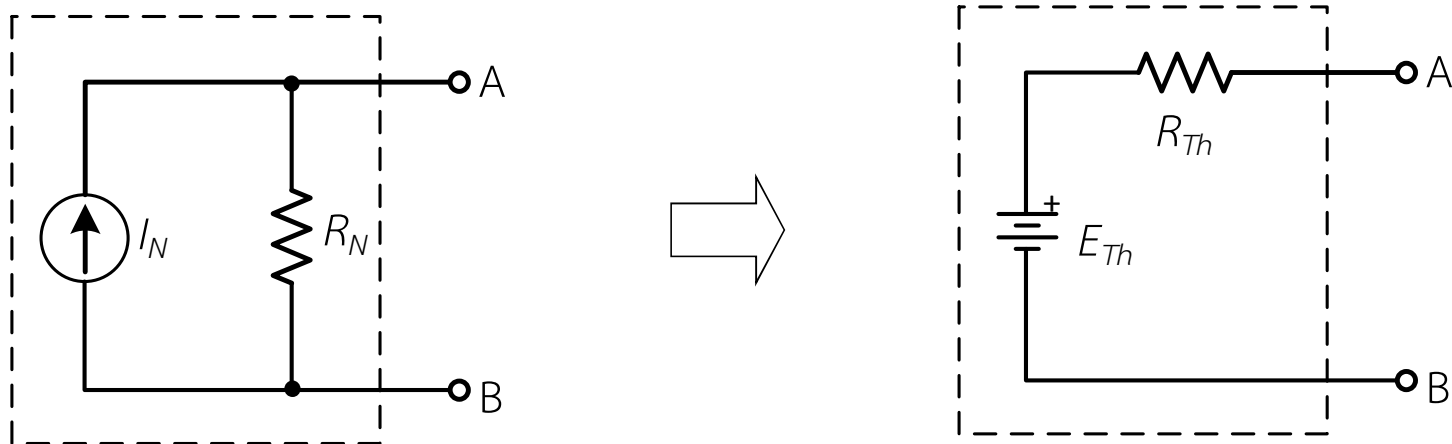
$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \dots\dots\dots(14-5)$$

รูปที่ 14.5 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A และ B

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตันเป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่าเทเวนิน

$$E_{Th} = I_N R_N \quad \dots\dots\dots(14-6)$$

$$R_{Th} = R_N \quad \dots\dots\dots(14-7)$$

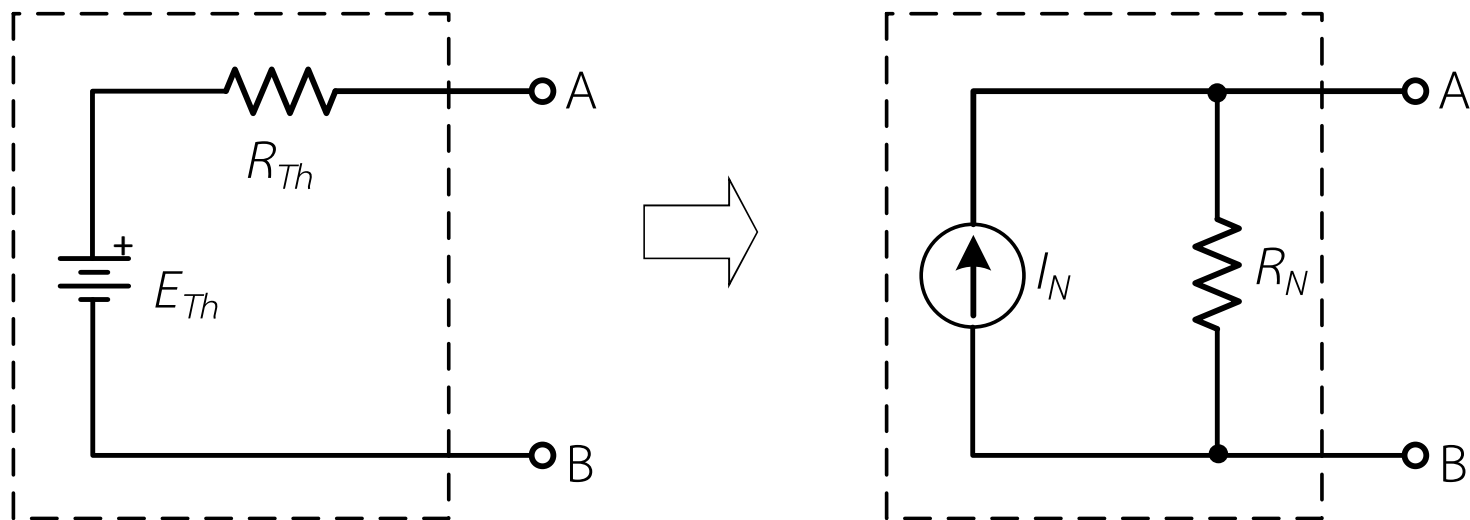


รูปที่ 14.6 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตันเป็น
แหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่าเทเวนิน

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนินเป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตัน

$$I_N = \frac{E_{Th}}{R_{Th}} \dots\dots\dots(14-8)$$

$$R_N = R_{Th} \dots\dots\dots(14-9)$$

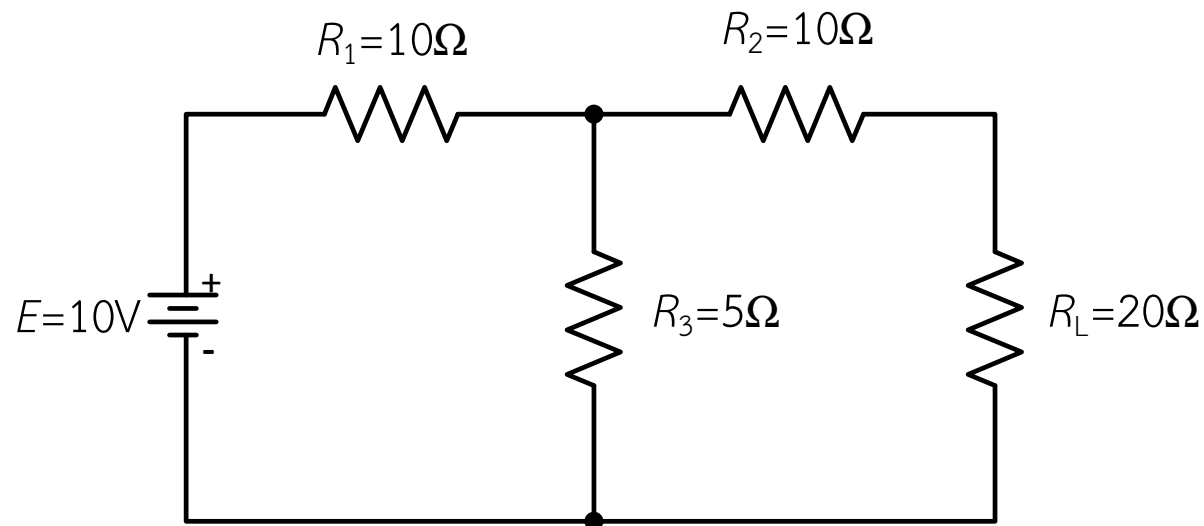


รูปที่ 14.7 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเคียงเทเวนินเป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเคียงนอร์ตัน

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

ตัวอย่างที่ 14.1

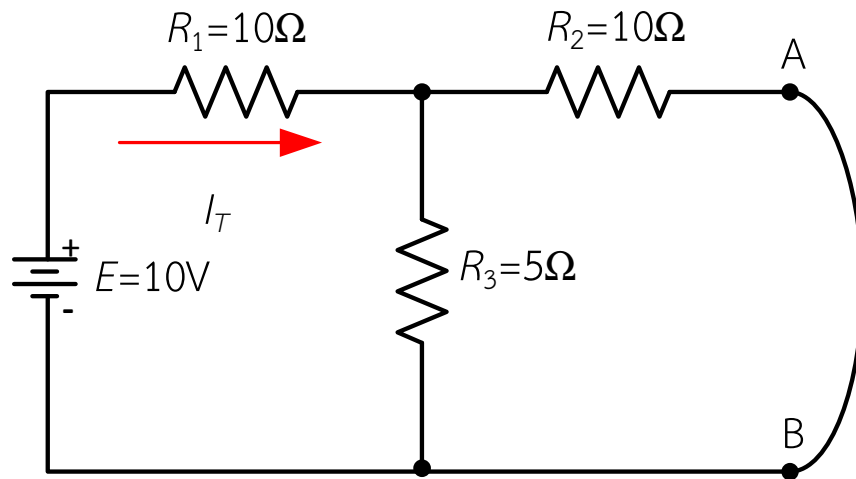
จากวงจรในรูปที่ 14.8 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 11.8 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

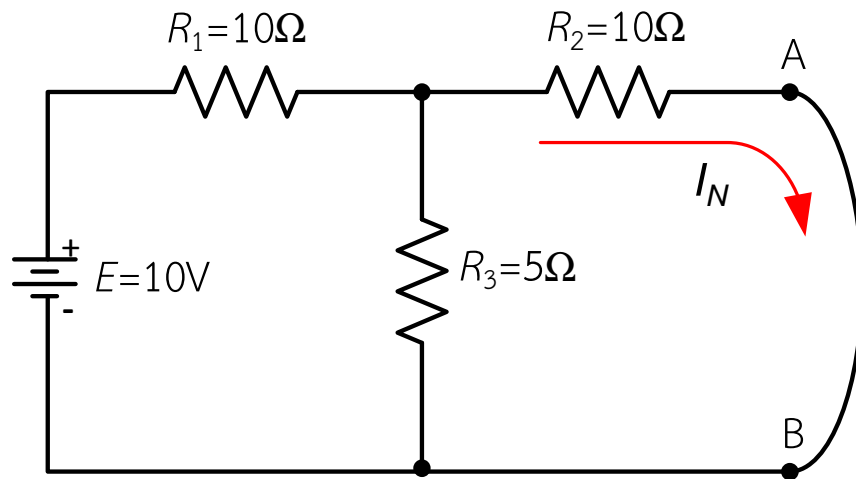


รูปที่ 14.9 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N
ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

$$\begin{aligned} R_T &= \left(\frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right) + R_1 \\ &= \left(\frac{10 \, \Omega \times 5 \, \Omega}{10 \, \Omega + 5 \, \Omega} \right) + 10 \, \Omega = 13.33 \, \Omega \\ I_T &= \frac{E}{R_T} \\ &= \frac{10 \, \text{V}}{13.33 \, \Omega} = 0.75 \, \text{A} \end{aligned}$$

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)



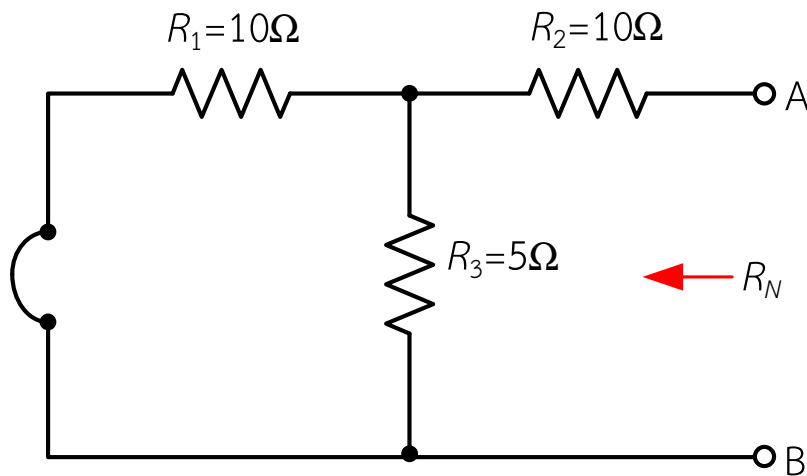
$$\begin{aligned} I_N &= I_T \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \\ &= 0.75 \text{ A} \left(\frac{5 \Omega}{5 \Omega + 10 \Omega} \right) = 0.25 \text{ A} \end{aligned}$$

รูปที่ 14.9 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N
ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

ตัวอย่างที่ 14.1 (ต่อ)

14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร

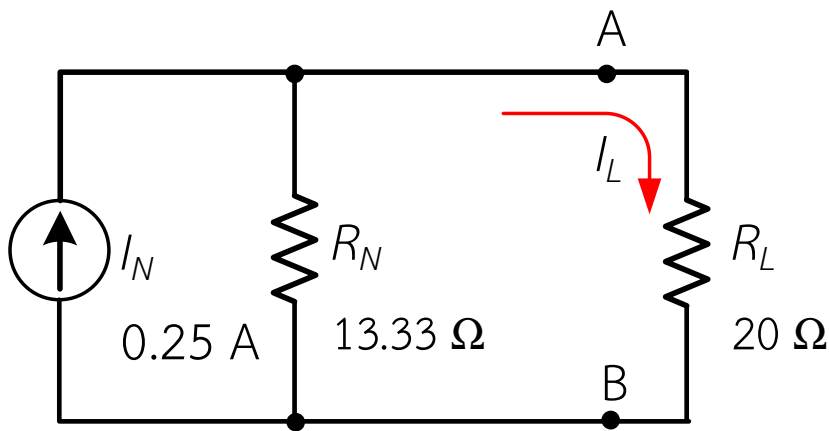


$$\begin{aligned} R_N &= \frac{R_1 R_3}{(R_1 + R_3)} + R_2 \\ &= \left(\frac{10 \, \Omega \times 5 \, \Omega}{10 \, \Omega + 5 \, \Omega} \right) + 10 \, \Omega = 13.33 \, \Omega \end{aligned}$$

รูปที่ 14.10 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N
ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.1

14.3 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

นำค่า (R_N) และ (I_N) มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ เข้าที่จุด A และ B
คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



$$I_L = I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right)$$
$$= 0.25 \text{ A} \left(\frac{13.33 \Omega}{13.33 \Omega + 20 \Omega} \right) = 0.1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

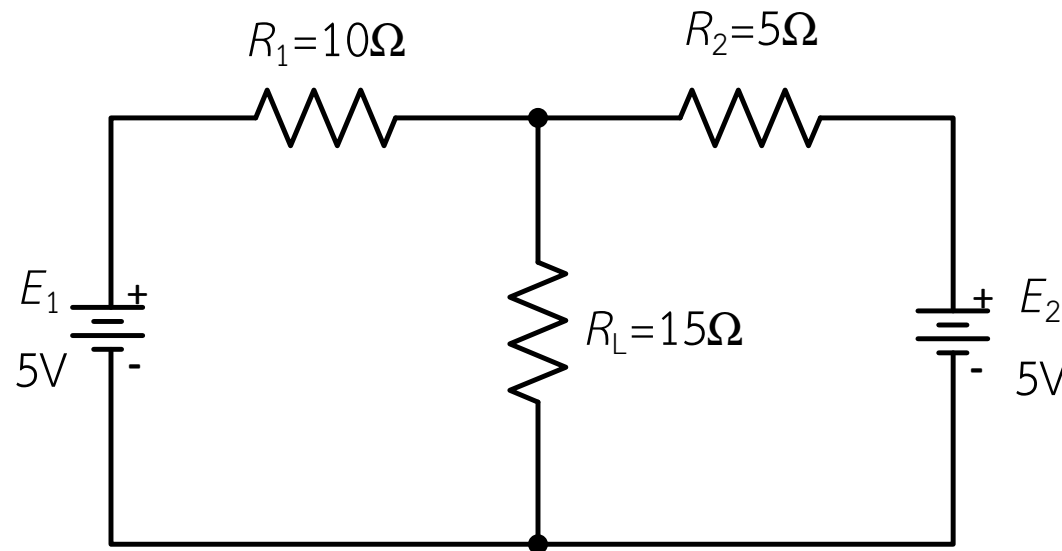
$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 100$ มิลลิแอมแปร์

รูปที่ 14.11 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

14.3 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

ตัวอย่างที่ 14.2

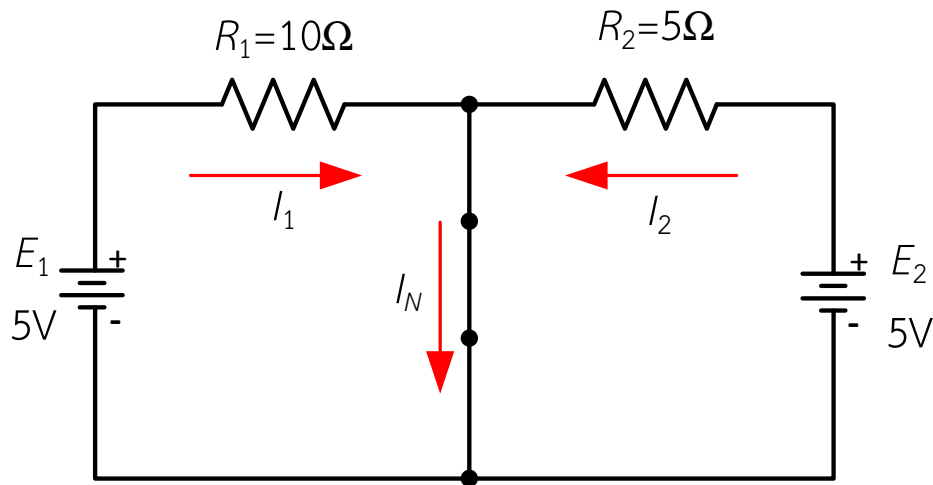
จากวงจรในรูปที่ 14.12 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.12 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)



รูปที่ 11.23 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 11.4

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{E_1}{R_1} \\ &= \frac{5 \text{ V}}{10 \Omega} = 0.5 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{E_2}{R_2} \\ &= \frac{5 \text{ V}}{5 \Omega} = 1 \text{ A} \end{aligned}$$

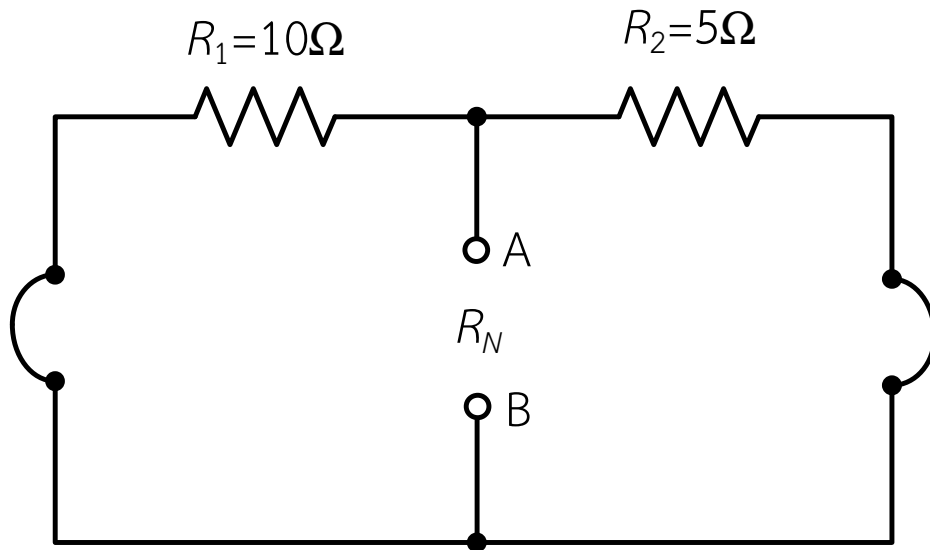
ดังนั้น

$$\begin{aligned} I_N &= I_1 + I_2 \\ &= 0.5 \text{ A} + 1 \text{ A} = 1.5 \text{ A} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 14.2 (ต่อ)

14.3 การแก้ปัญหาลำดับวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร

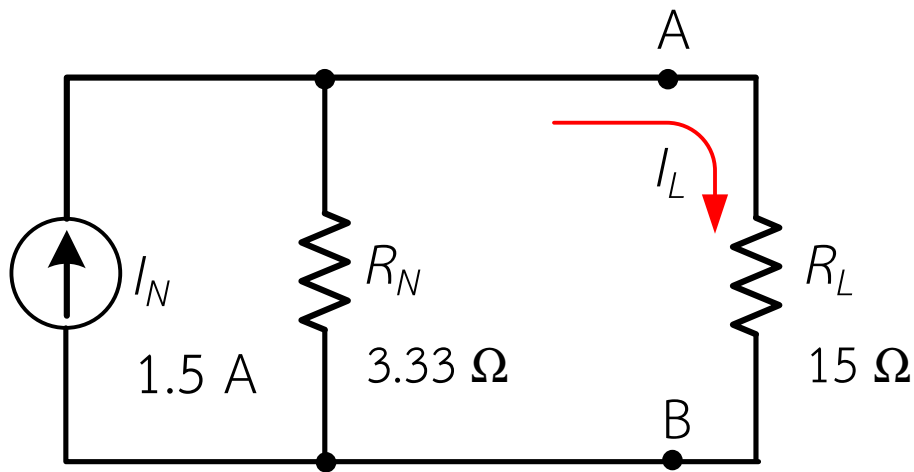


$$\begin{aligned} R_N &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{10 \, \Omega \times 5 \, \Omega}{10 \, \Omega + 5 \, \Omega} = 3.33 \, \Omega \end{aligned}$$

รูปที่ 14.14 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N
ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.2

14.3 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

นำค่า (R_N) และ (I_N) มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ เข้าที่จุด A และ B
คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



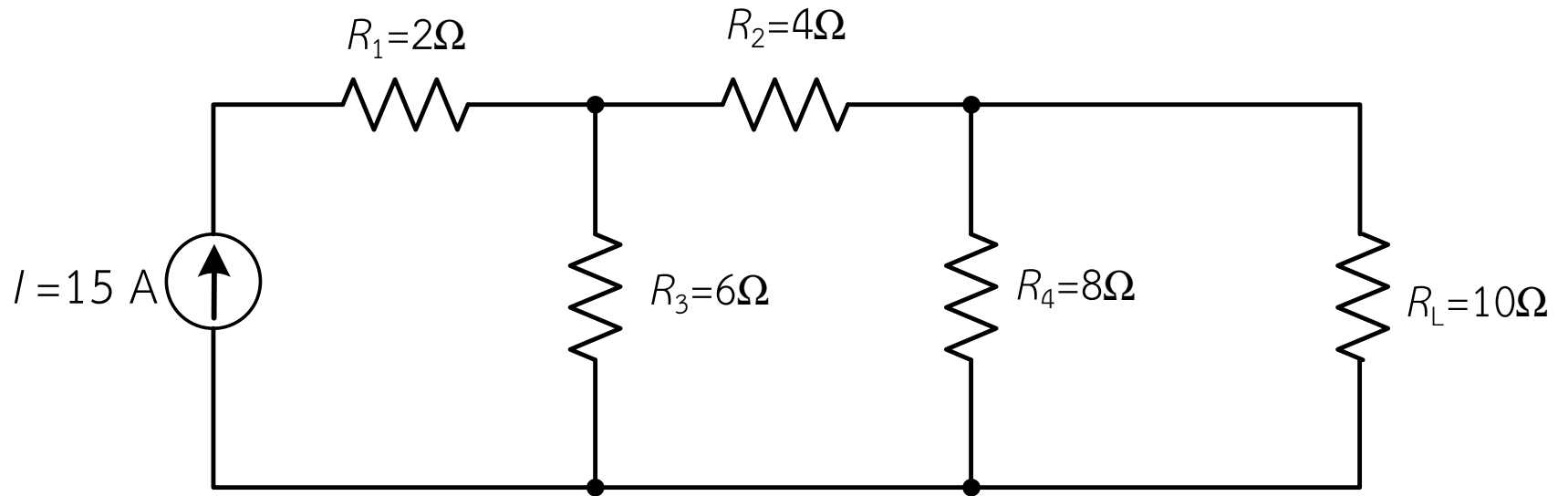
รูปที่ 14.15 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 1.5 \text{ A} \left(\frac{3.33 \Omega}{3.33 \Omega + 15 \Omega} \right) \\ &= 0.273 \text{ A} = 273 \text{ mA} \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 273$ มิลลิแอมแปร์

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

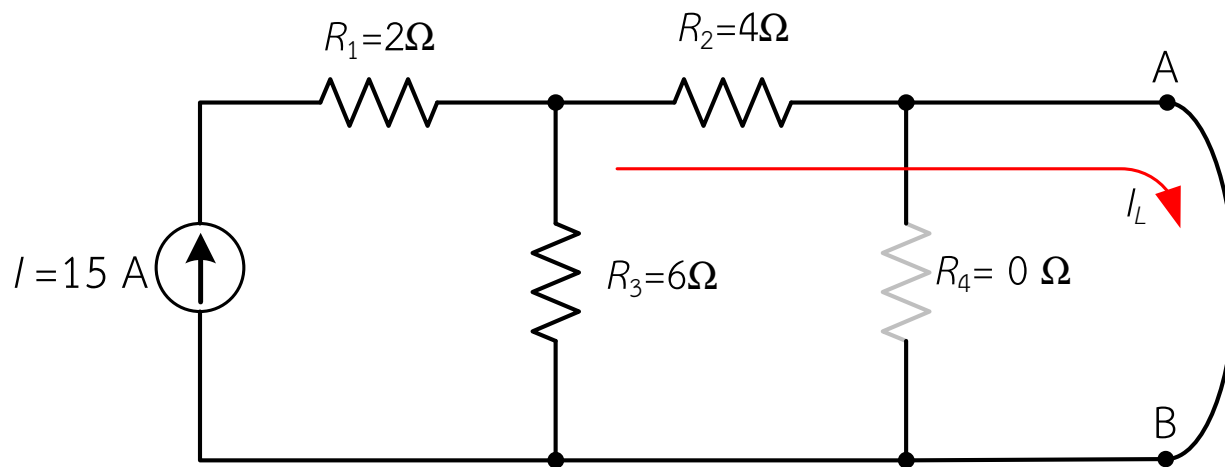
ตัวอย่างที่ 14.3 จากวงจรในรูปที่ 14.16 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.16 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.3

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

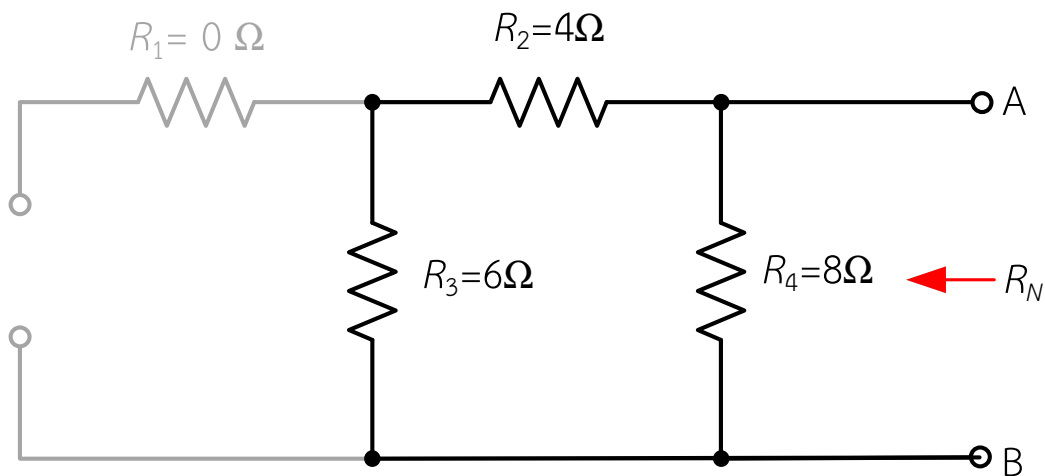


รูปที่ 14.17 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N

$$\begin{aligned} I_N &= I \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \\ &= 15\text{ A} \left(\frac{6\Omega}{6\Omega + 4\Omega} \right) \\ &= 9\text{ A} \end{aligned}$$

14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร

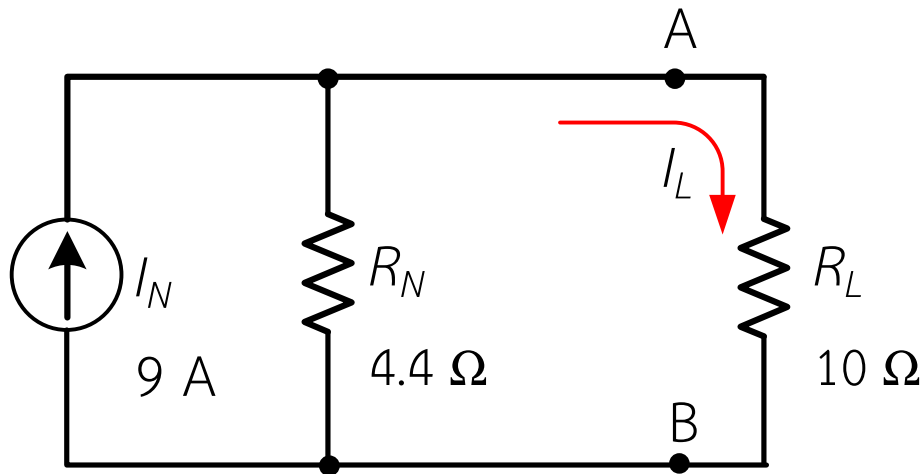


$$\begin{aligned} R_N &= \frac{(R_2 + R_3)R_4}{(R_2 + R_3) + R_4} \\ &= \frac{(4 \Omega + 6 \Omega) \times 8 \Omega}{4 \Omega + 6 \Omega + 8 \Omega} \\ &= 4.44 \Omega \end{aligned}$$

รูปที่ 14.18 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N

14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

นำค่า (R_N) และ (I_N) มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ เข้าที่จุด A และ B
คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



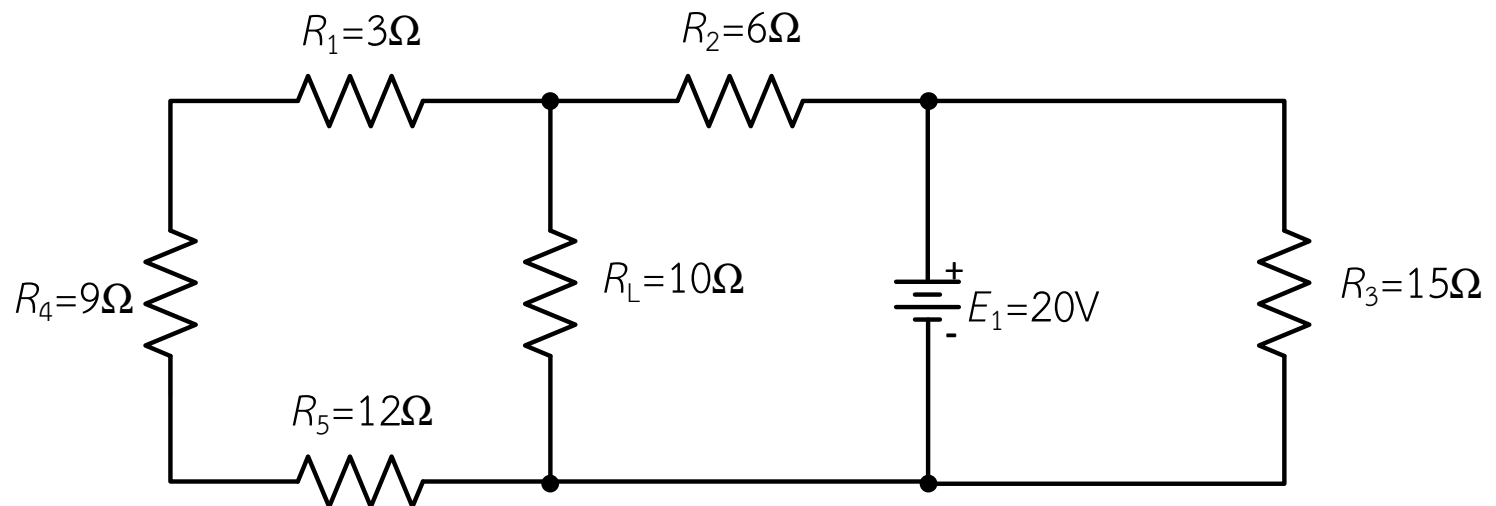
รูปที่ 14.19 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 9 \text{ A} \left(\frac{4.44 \, \Omega}{4.44 \, \Omega + 10 \, \Omega} \right) \\ &= 2.77 \text{ A} \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 2.77$ แอมแปร์

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

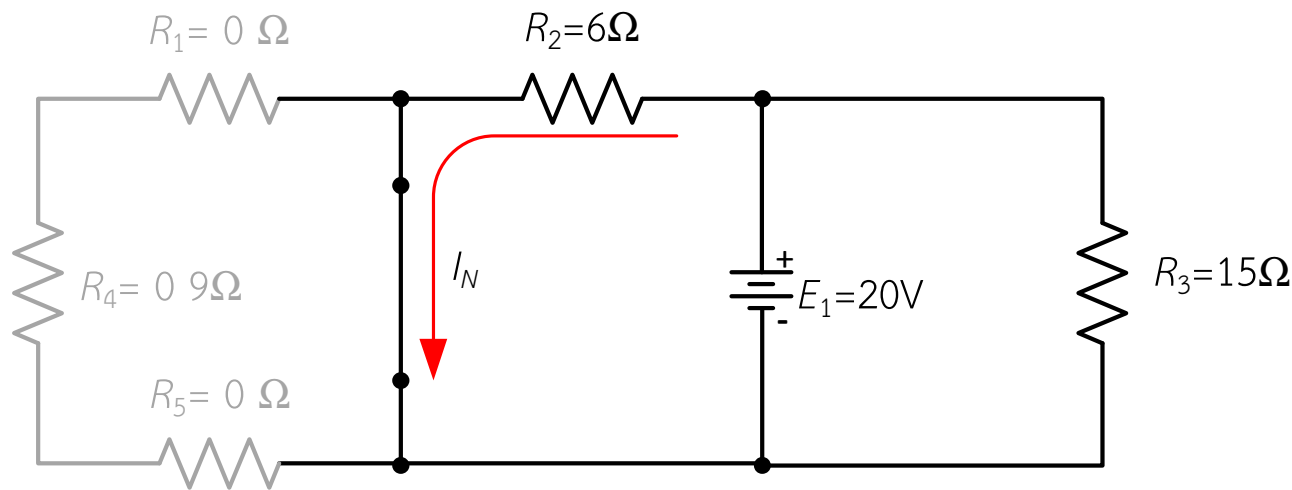
ตัวอย่างที่ 14.4 จากวงจรในรูปที่ 14.20 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.20 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.4

14.3 การแก้ปัญหาลำโพงวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

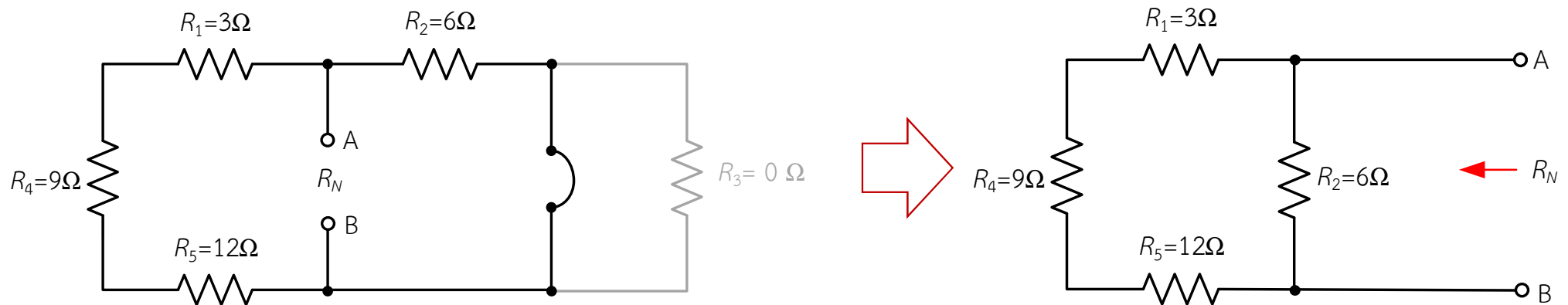


$$\begin{aligned} I_N &= \frac{E}{R_2} \\ &= \frac{20 \text{ V}}{6 \Omega} \\ &= 3.33 \text{ A} \end{aligned}$$

รูปที่ 14.21 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N

14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

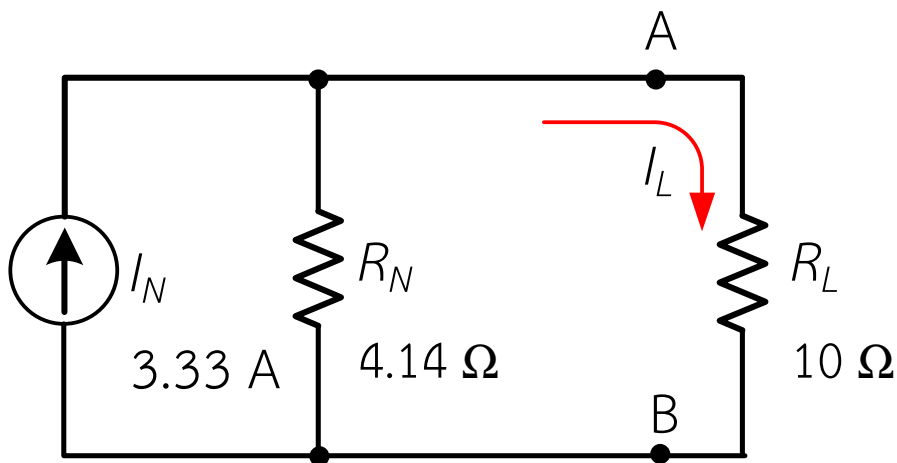
หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร



$$R_N = \frac{(R_1 + R_4 + R_5)R_2}{(R_1 + R_4 + R_5) + R_2} = \frac{(3\ \Omega + 9\ \Omega + 12\ \Omega) \times 5\ \Omega}{(3\ \Omega + 9\ \Omega + 12\ \Omega) + 5\ \Omega} = 4.14\ \Omega$$

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

นำค่า (R_N) และ (I_N) มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ เข้าที่จุด A และ B
คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



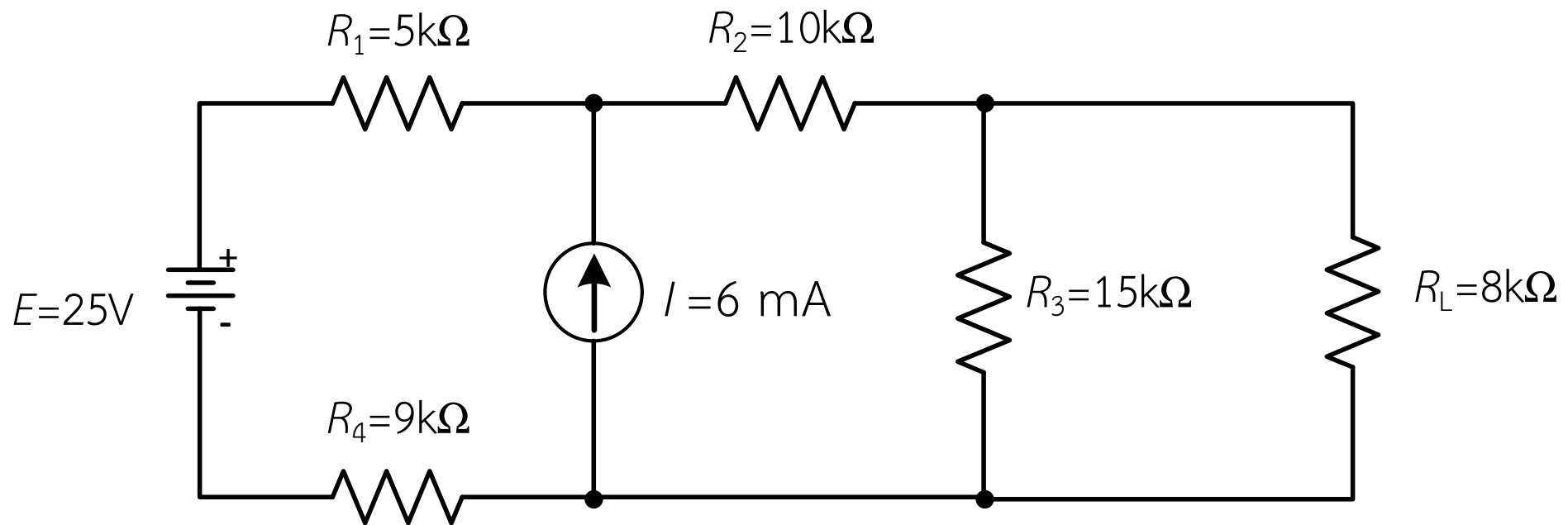
รูปที่ 14.23 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 3.33 \text{ A} \left(\frac{4.14 \Omega}{4.14 \Omega + 10 \Omega} \right) \\ &= 0.975 \text{ A} \\ &= 975 \text{ mA} \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 975$ มิลลิแอมแปร์

14.3 การแก้ปัญหาลอยวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

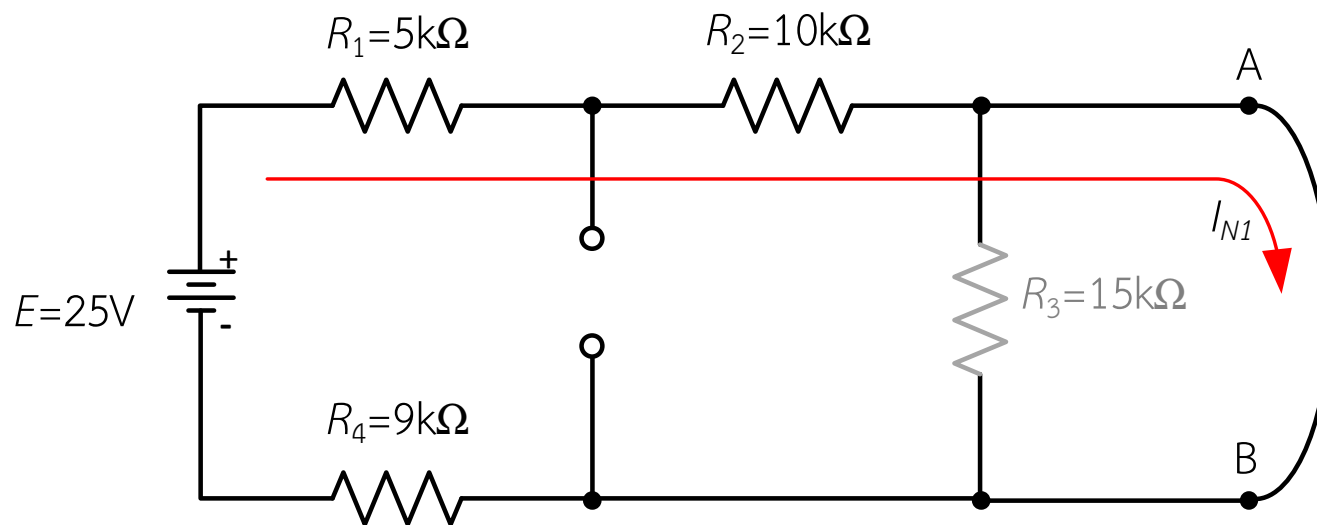
ตัวอย่างที่ 14.5 จากวงจรในรูปที่ 14.24 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 14.24 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 14.5

14.3 การแก้ปัญหาลำโพงวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)



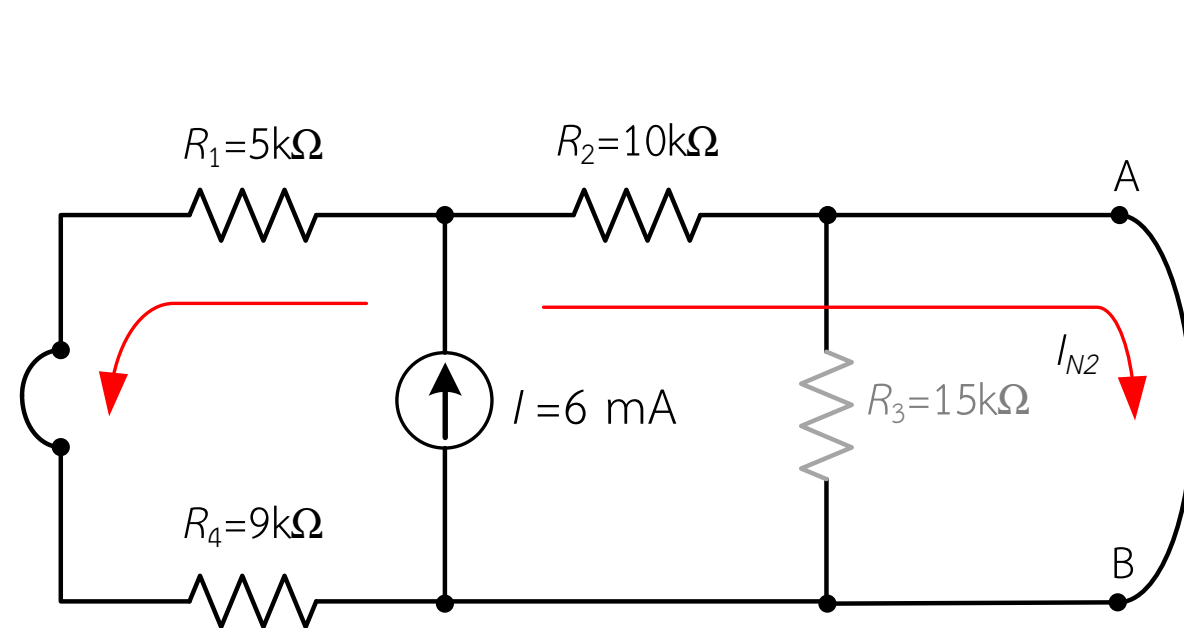
รูปที่ 14.25 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N1}

$$\begin{aligned} I_{N1} &= \frac{E}{R_1 + R_2 + R_4} \\ &= \frac{25 \text{ V}}{5 \text{ k}\Omega + 10 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega} \\ &= 1.042 \text{ mA} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 14.5 (ต่อ)

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)



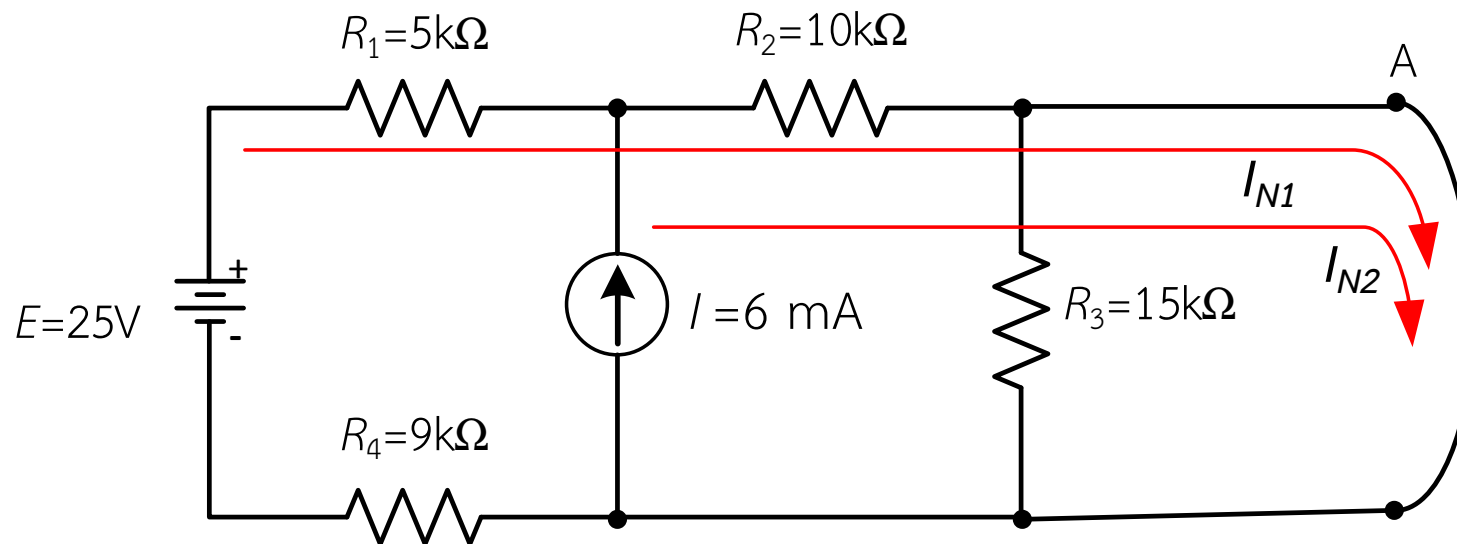
รูปที่ 14.26 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_{N2}

$$\begin{aligned} I_{N2} &= I \left(\frac{(R_1 + R_4)}{(R_1 + R_4) + R_2} \right) \\ &= 6 \text{ mA} \left(\frac{(5 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega)}{(5 \text{ k}\Omega + 9 \text{ k}\Omega) + 10 \text{ k}\Omega} \right) \\ &= 3.5 \text{ mA} \end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 14.5 (ต่อ)

14.3 การแก้ปัญหาคircuitวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

วิธีทำ ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A และ B จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเคียงนอร์ตัน (I_N)

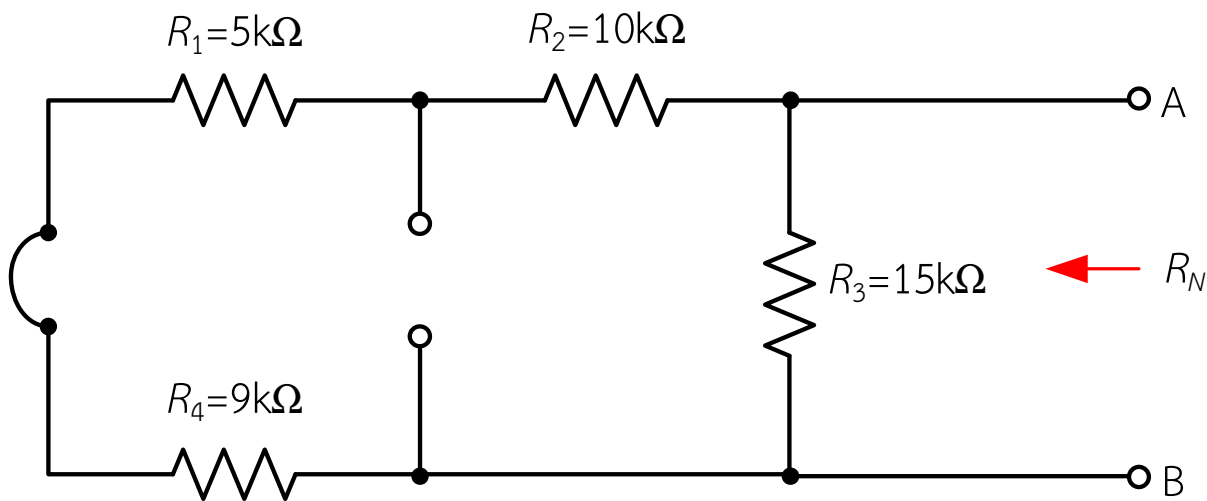


$$\begin{aligned}\text{ดังนั้น } I_N &= I_{N1} + I_{N2} \\ &= 1.042 \text{ mA} + 3.5 \text{ mA} = 4.542 \text{ mA}\end{aligned}$$

ตัวอย่างที่ 14.5 (ต่อ)

14.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A และ B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร

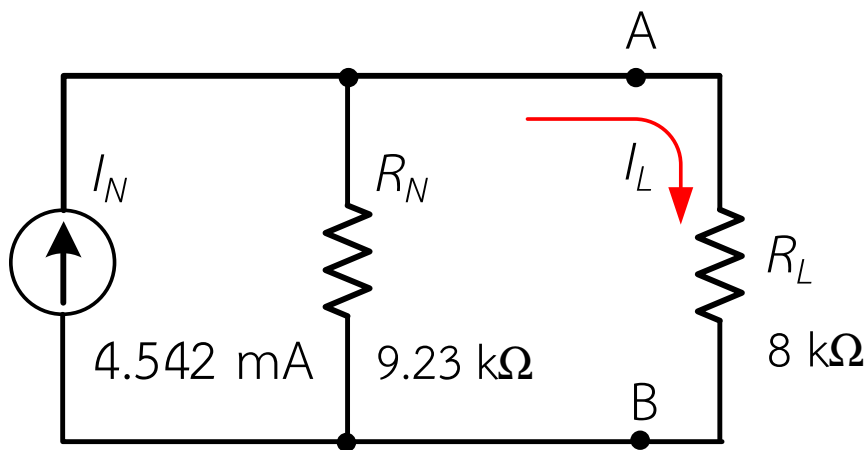


$$\begin{aligned} R_N &= \frac{(R_1 + R_2 + R_4)R_3}{(R_1 + R_2 + R_4) + R_3} \\ &= \frac{(5\text{ k}\Omega + 10\text{ k}\Omega + 9\text{ k}\Omega) \times 15\text{ k}\Omega}{(5\text{ k}\Omega + 10\text{ k}\Omega + 9\text{ k}\Omega) + 15\text{ k}\Omega} \\ &= 9.23\text{ k}\Omega \end{aligned}$$

รูปที่ 14.27 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N

14.3 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

นำค่า (R_N) และ (I_N) มาเขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน แล้วต่อ เข้าที่จุด A และ B
คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 14.28 แสดงวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน

$$\begin{aligned} I_L &= I_N \left(\frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \\ &= 4.542 \text{ mA} \left(\frac{9.23 \text{ k}\Omega}{9.23 \text{ k}\Omega + 8 \text{ k}\Omega} \right) \\ &= 2.43 \text{ mA} \end{aligned}$$

$\therefore$ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_L = 2.43$ มิลลิแอมแปร์

สรุป

ทฤษฎีของนอร์ตัน เป็นทฤษฎีที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยยุบวงจรเป็นวงจรเทียบเคียงนอร์ตันที่มีเพียงแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าหนึ่งตัวต่อขนานกับตัวต้านทานหนึ่งตัว

การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้ามีขั้นตอน คือ

- ปลดตัวต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุดนั้น
- จากนั้นหากระแสเทียบเคียงนอร์ตันที่ไหลผ่าน ณ จุดที่ลัดวงจรไว้
- หาความต้านทานเทียบเคียงนอร์ตัน โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวหากมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าทุกตัว
- เขียนวงจรเทียบเคียงนอร์ตัน นำตัวต้านทานที่ได้ปลดออกมาต่อขนานกับตัวต้านทานแล้วจึงใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้าคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่สนใจ