

หน่วยที่

12

ทฤษฎีของนอร์ตัน (Norton's Theorem)

สาระสำคัญ

ทฤษฎีของนอร์ตัน ถูกค้นพบด้วยนักวิศวกรไฟฟ้า ชาวอเมริกัน ชื่อ เอ็ดเวิร์ด ลอว์รี นอร์ตัน (Edward Lawry Norton) ซึ่งทฤษฎีของนอร์ตันซึ่งมีแนวคิดคล้ายกับทฤษฎีของเทวินิน โดยทฤษฎีดังกล่าวคือการแปลงวงจรเชิงเส้นใดๆให้เป็นวงจรสมมูลที่ใช้แหล่งจ่ายกระแสต่อขนานกับตัวต้านทาน โดยทฤษฎีของนอร์ตัน ได้กล่าวไว้ว่าที่ขั้วคู่ต่อของวงจรไฟฟ้ากระแสตรงเชิงเส้นใดๆสามารถแทนได้ด้วยวงจรสมมูลที่ประกอบด้วยแหล่งจ่ายกระแสและตัวต้านทานที่ต่อขนานกัน

สาระการเรียนรู้

- 12.1 หลักการทฤษฎีของนอร์ตัน
- 12.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน
- 12.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

จุดประสงค์การเรียนรู้

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้และเข้าใจเกี่ยวกับการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า โดยการใช้ทฤษฎีของนอร์ตันและการคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

ด้านความรู้ (ทฤษฎี)

1. บอกหลักการทฤษฎีของนอร์ตันได้
2. อธิบายขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตันได้
3. คำนวณหาค่ากระแสเทียบเท่านอร์ตันได้
4. คำนวณหาค่าความต้านทานเทียบเท่านอร์ตันได้
5. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดด้วยทฤษฎีของนอร์ตันได้
6. เขียนวงจรเทียบเท่านอร์ตันได้อย่างถูกต้อง

ด้านคุณธรรม จริยธรรม

1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์

- 1.1 ความรับผิดชอบ
- 1.2 ความมีวินัย
- 1.3 การตรงต่อเวลา
- 1.4 ความมีมนุษยสัมพันธ์
- 1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ
- 1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้

2. การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

2.2 การมีส่วนร่วม

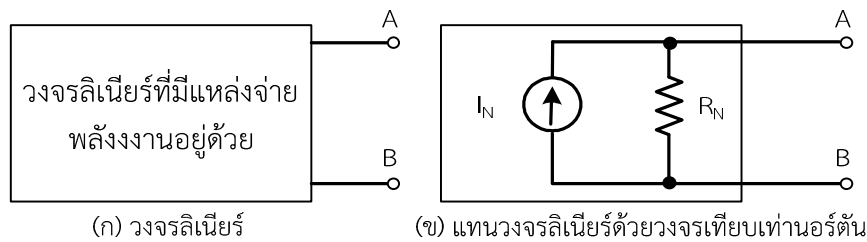
2.3 ความผูกพัน

2.4 รู้ รัก สามัคคี

ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีความซับซ้อนและยุ่งยากนั้น ถ้าเราต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้นั้น นอกจากใช้ทฤษฎีของเทวินินในการแก้ปัญหาแล้ว เรายังสามารถใช้ทฤษฎีของนอร์ตันได้เช่นกัน มาช่วยในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า ดังกล่าว

12.1 หลักการทฤษฎีของนอร์ตัน

ทฤษฎีของนอร์ตัน เป็นทฤษฎีหนึ่งที่ได้รับค่านิยมในการวิเคราะห์และคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของวงจรที่มีค่าความต้านทานที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าได้ ทฤษฎีของนอร์ตันนี้ ได้กล่าวไว้ว่า “ในวงจรลิเนียร์หรือวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่นั้น เราสามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสได้”



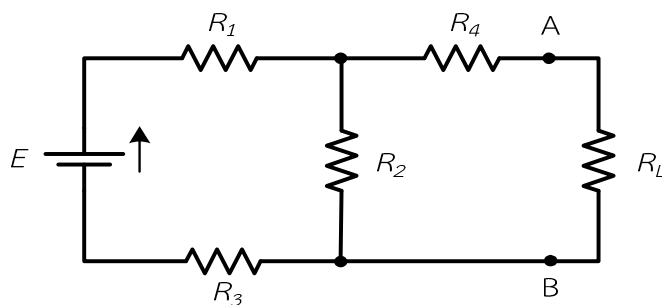
รูปที่ 12.3 แสดงวงจรเทียบเท่านอร์ตัน

จากรูปที่ 11.3 เป็นวงจรลิเนียร์ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานต่ออยู่ มีจุดเอาต์พุต A-B ต่อกออกมา เราสามารถยุบวงจรให้เหลือเพียงแหล่งกำเนิดกระแส I_N เพียงหนึ่งตัวความต้านทานได้ ซึ่งกระแสไฟฟ้าตัวนั้น เรียกว่า กระแสเทียบเท่าของนอร์ตัน (I_N หรือ I') เป็นกระแสที่ไหลผ่านจุด A และ B ในขณะที่ลัดวงจรตัวต้านทาน (R_L) และมีค่าความต้านทานของตัวต้านทานที่ต่อขนานอยู่กับแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า เรียกว่า ความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตัน (R_N หรือ R') ซึ่ง หมายถึงความต้านทานรวมทั้งหมดของวงจรที่มองจากทางด้านจุด A และ B และสามารถหาได้ ซึ่งเป็นค่าความต้านทานที่วัดที่จุด A และ B

การคำนวณหาค่าแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่จะนำมาต่อกับจุดเอาต์พุต A และ B โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน สามารถทำได้ง่ายและสะดวก เพราะวิธีนี้จะคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าเทียบเท่าและความต้านทานเทียบเท่าในวงจรเทียบเท่าไว้ก่อนแล้ว ดังนั้น เมื่อเรานำค่าความต้านทานภายนอกมาต่อหรือเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่จุด A และ B ก็สามารทำได้ทันที ทฤษฎีนี้จึงเหมาะกับการหาค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าที่นำมาต่อกับจุดที่เอาต์พุต A และ B ทีละตัวเท่านั้น

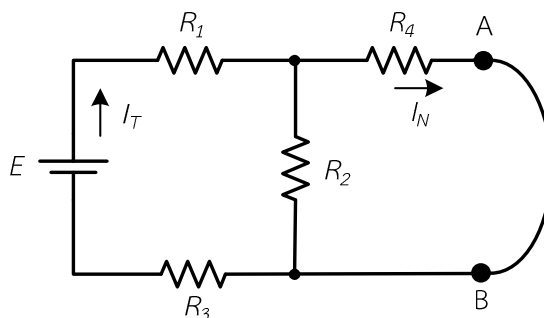
12.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน

การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตันจากวงจรในรูปที่ 12.4 มีขั้นตอน ดังนี้



รูปที่ 12.4 วงจรไฟฟ้า สำหรับการวิเคราะห์ห้วงจรเทียบเท่านอร์ตัน

1. ปลด R_L ออกจากวงจร ลัดวงจรที่จุด A-B
2. หลังจากนั้นเรากำหนดหากระแสเทียบเท่านอร์ตัน (I_N) ระหว่างจุด A-B ซึ่ง ก็คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้ว A-B นั้นเอง ดังรูปที่ 12.5



รูปที่ 12.5 แสดงการหาค่ากระแสเทียบเท่านอร์ตัน

จากรูปที่ 12.5 ก่อนที่เราจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้นเราจะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน เราจึงใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแส I_N

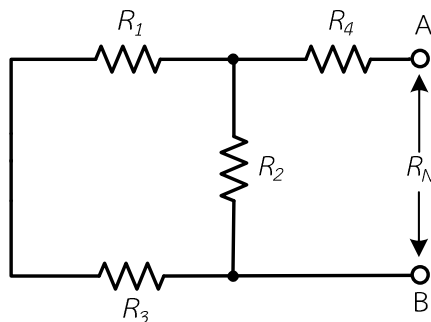
โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

$$R_T = \frac{R_2 \times R_4}{R_2 + R_4} + R_1 + R_3 \quad \dots\dots\dots (12-1)$$

$$I_T = \frac{E}{R_T} \quad \dots\dots\dots (12-2)$$

$$I_N = \frac{I_T \times R_2}{R_2 + R_4} \quad \dots\dots\dots (12-3)$$

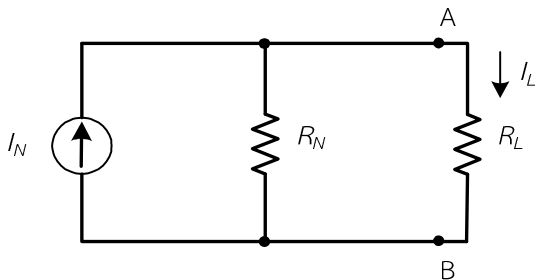
3. หาความต้านทานเทียบเท่านอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A-B โดยทำการลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร)



รูปที่ 12.6 แสดงการหาความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตัน

$$R_N = \frac{(R_1 + R_3) \times R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4 \quad \dots\dots\dots(12-4)$$

4. นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยเราใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.7 แสดงวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B

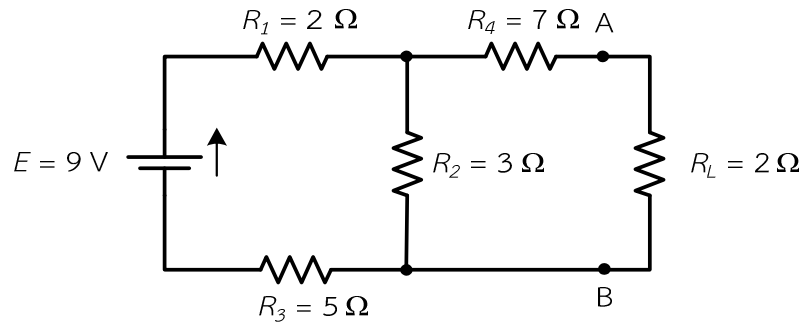
$$I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L} \quad \dots\dots\dots(12-5)$$

12.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

จากขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าในหัวข้อที่ผ่านมา สามารถนำมาแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าดังตัวอย่างต่อไปนี้

ตัวอย่างที่ 12.1 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 12.8 จงคำนวณหาค่า

- ก. กระแสเทียบเท่าของนอร์ตัน ; I_N
- ข. ความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตัน ; R_N
- ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

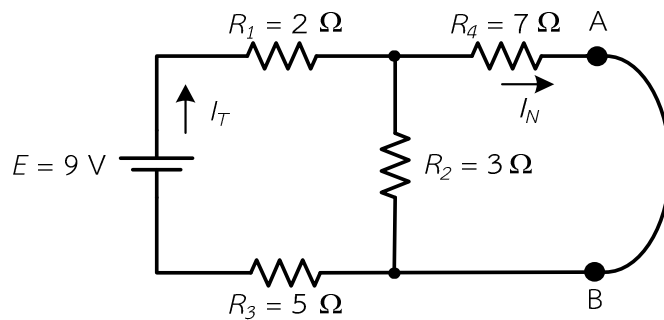


รูปที่ 12.8 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.1

ก. กระแสเทียบเท่า Norton ; I_N

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หากกระแสเทียบเท่า Norton (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A-B ซึ่งก็คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ขั้ว A-B ดังรูปที่ 12.9

รูปที่ 12.9 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.1

จากวงจรในรูปที่ 12.9 จะเห็นว่าก่อนที่จะหาค่ากระแส I_N ได้นั้นจะต้องทราบค่า กระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อนแล้ว เราจึงใช้กฎการแบ่งกระแส เพื่อหาค่ากระแส I_N โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

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

$$R_T = \frac{(3\ \Omega \times 7\ \Omega)}{(3\ \Omega + 7\ \Omega)} + 2\ \Omega + 5\ \Omega$$

$$R_T = 9.1\ \Omega$$

∴ ความต้านทานรวมของวงจร = 9.1 โอห์ม

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

$$I_T = \frac{9\ \text{V}}{9.1\ \Omega}$$

$$I_T = 0.989\ \text{A}$$

∴ กระแสไฟฟ้ารวมของวงจร = 0.989 แอมแปร์ ตอบ

$$I_N = I_T \times \frac{R_2}{R_2 + R_4}$$

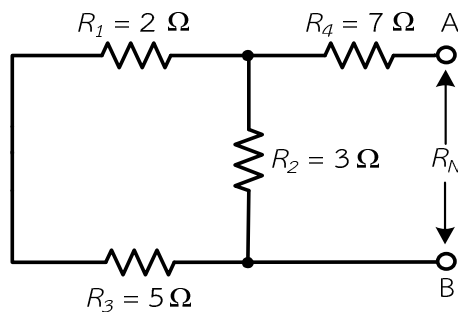
$$I_N = 0.989 \text{ A} \times \frac{3 \Omega}{3 \Omega + 7 \Omega}$$

$$I_N = 0.297 \text{ A}$$

∴ กระแสเทียบเท่า์นอร์ตัน = 0.297 แอมแปร์ ตอบ

ข. ความต้านทานเทียบเท่า์นอร์ตัน ; R_N

3. หาความต้านทานเทียบเท่า์นอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A-B โดยล้ดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร ดังรูปที่ 12.10



รูปที่ 12.10 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.1

จากวงจรในรูปที่ 12.10 หาความต้านทานเทียบเท่า์นอร์ตันได้จาก การนำ R_1 อนุกรมกับ R_3 แล้วขนานกับ R_2 จากนั้นจึงอนุกรมกับ R_4 จะได้

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

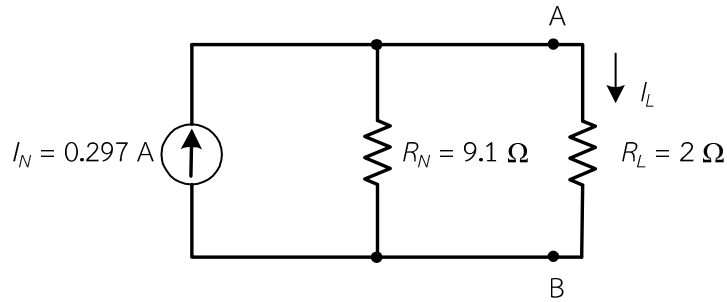
$$R_N = \frac{(2 \Omega + 5 \Omega) \times 3 \Omega}{(2 \Omega + 5 \Omega) + 3 \Omega} + 7 \Omega$$

$$R_N = 9.1 \Omega$$

∴ ความต้านทานเทียบเท่า์นอร์ตัน = 9.1 โอห์ม ตอบ

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

4. นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า์นอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 12.11 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.11 แสดงวงจรเทียบเท่านอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.1

$$I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L}$$

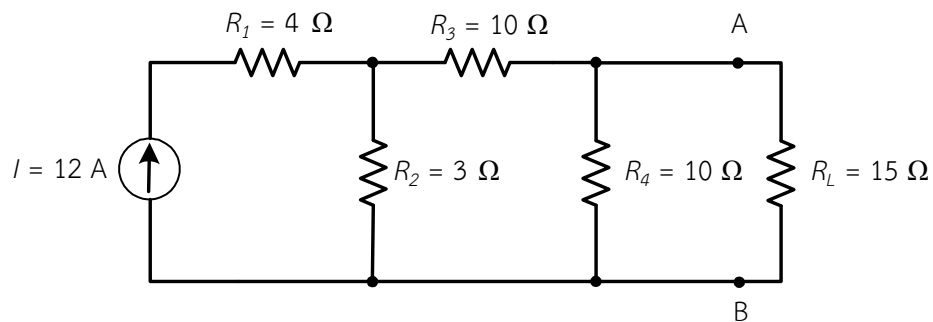
$$I_L = 0.297 \text{ A} \times \frac{9.1 \Omega}{9.1 \Omega + 2 \Omega}$$

$$I_L = 0.243 \text{ A}$$

\therefore กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด = 0.243 แอมแปร์ ตอบ

ตัวอย่างที่ 12.2 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 12.12 จงคำนวณหาค่า

- ก. กระแสเทียบเท่านอร์ตัน ; I_N
- ข. ความต้านทานเทียบเท่านอร์ตัน ; R_N
- ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

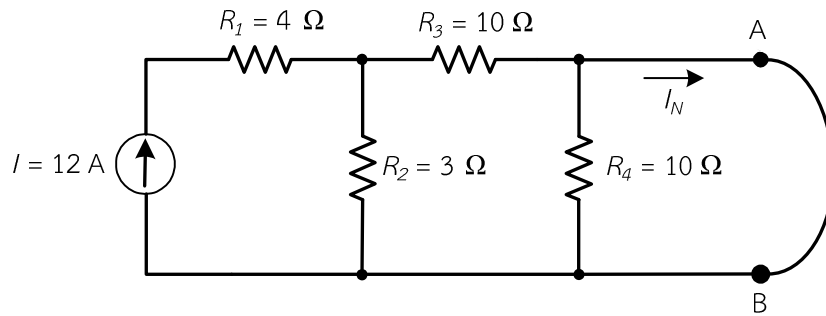


รูปที่ 12.12 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.2

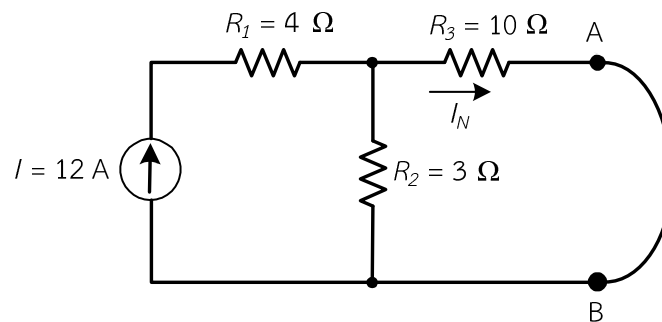
- ก. กระแสเทียบเท่านอร์ตัน ; I_N

วิธีทำ

1. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
2. หากระแสเทียบเท่านอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A-B ซึ่งก็คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ขั้ว A-B ดังรูปที่ 12.13

รูปที่ 12.13 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.2

จากรูปที่ 12.13 เมื่อเราลัดวงจรที่ขั้ว A-B จะทำให้ R_4 ถูกลัดวงจรด้วย จึงทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_4 แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจรแทน เพราะมีความต้านทานต่ำกว่า เราจึงเขียนวงจรใหม่ได้ดังรูปที่ 12.14

รูปที่ 12.14 แสดงวงจรที่เราเขียนใหม่สำหรับใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.2

ดังนั้น กระแส I_N จึงเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 นั้นเอง จึงใช้หลักการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

$$I_N = I \times \frac{R_2}{R_2 + R_3}$$

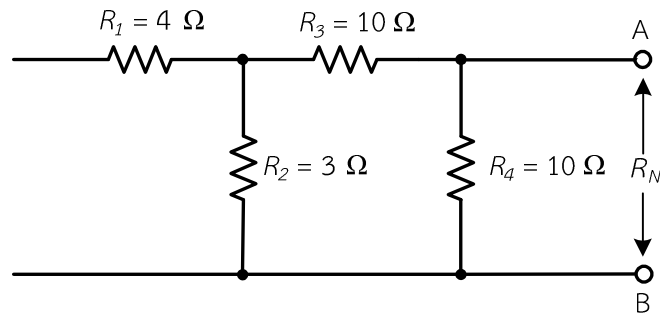
$$I_N = 12 \text{ A} \times \frac{3 \Omega}{3 \Omega + 10 \Omega}$$

$$I_N = 2.769 \text{ A}$$

∴ กระแสเทียบเท่า นอร์ตัน = 2.769 แอมแปร์ ตอบ

ข. ความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน ; R_N

3. หาความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A-B โดยเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 12.15

รูปที่ 12.15 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.2

จากวงจรในรูปที่ 12.15 หาค่าความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน โดยนำ R_2 อนุกรมกับ R_3 แล้วจึงขนานกับ R_4

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

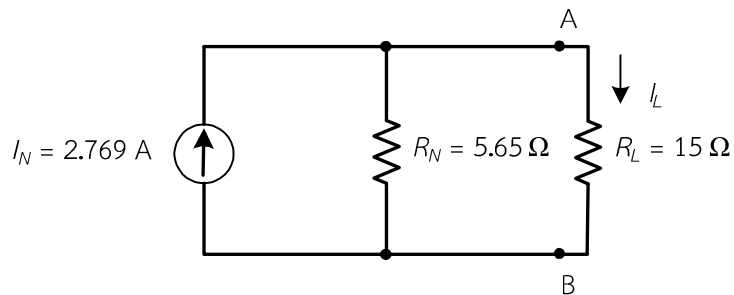
$$R_N = \frac{(3 \Omega + 10 \Omega) \times 10 \Omega}{(3 \Omega + 10 \Omega) + 10 \Omega}$$

$$R_N = 5.65 \Omega$$

∴ ความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน = 5.65 โอห์ม ตอบ

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

4. นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า นอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 12.16 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

รูปที่ 12.16 แสดงวงจรเทียบเท่า นอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.2

$$I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L}$$

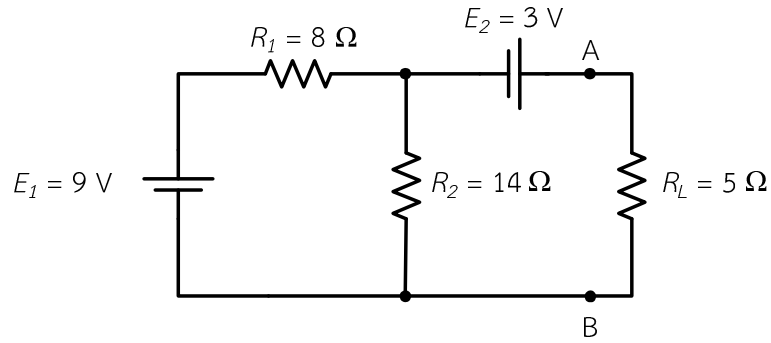
$$I_L = 2.769 \text{ A} \times \frac{5.65 \Omega}{5.65 \Omega + 15 \Omega}$$

$$I_L = 0.757 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด = 0.757 แอมแปร์ ตอบ

ตัวอย่างที่ 12.3 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 12.17 จงคำนวณหาค่า

- กระแสเทียบเท่า นอร์ตัน ; I_N
- ความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน ; R_N
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

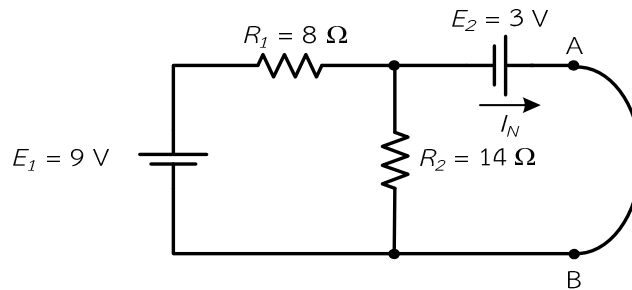


รูปที่ 12.17 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.3

- กระแสเทียบเท่า นอร์ตัน ; I_N

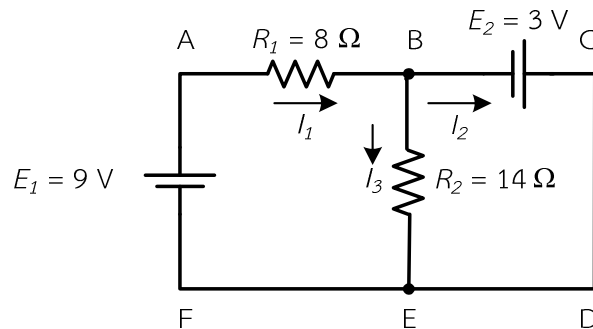
วิธีทำ

- ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
- หากกระแสเทียบเท่า นอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A-B ซึ่งก็คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขั้ว A-B ดังรูปที่ 12.18



รูปที่ 12.18 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.3

จากวงจรในรูปที่ 12.18 เราใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์มาช่วยในการหากระแสเทียบเท่า นอร์ตัน โดยกำหนดทิศทางกระแส ดังรูปที่ 12.19 ซึ่งจะเห็นว่ากระแส I_N เท่ากับ I_2 นั้นเอง



รูปที่ 12.19 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ ตามตัวอย่างที่ 12.3

เขียนสมการกระแสตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้

$$I_3 = I_1 - I_2 \quad (1)$$

เขียนสมการแรงดันตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

พิจารณาloop ABEFA จะได้

$$\begin{aligned} I_1 R_1 + I_3 R_3 &= E_1 \\ 8I_1 + 14I_3 &= 9 \\ 8I_1 + 14(I_1 - I_2) &= 9 \\ 22I_1 - 14I_2 &= 9 \end{aligned} \quad (2)$$

พิจารณาloop BCDEB จะได้

$$\begin{aligned} -14I_3 &= 3 \\ -14(I_1 - I_2) &= 3 \\ -14I_1 + 14I_2 &= 3 \end{aligned} \quad (3)$$

นำสมการที่ (2) และสมการที่ (3) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนท์

$$\begin{bmatrix} 22 & -14 \\ -14 & 14 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} 22 & -14 \\ -14 & 14 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = (22 \times 14) - ((-14) \times (-14))$$

$$\Delta = 308 - 196$$

$$\Delta = 112$$

$$\Delta_2 = \begin{bmatrix} 22 & 9 \\ -14 & 3 \end{bmatrix}$$

$$\Delta_2 = (22 \times 3) - ((-14) \times 9)$$

$$\Delta_2 = 66 + 126$$

$$\Delta_2 = 192$$

$$I_2 = \frac{\Delta_2}{\Delta}$$

$$I_2 = \frac{192}{112}$$

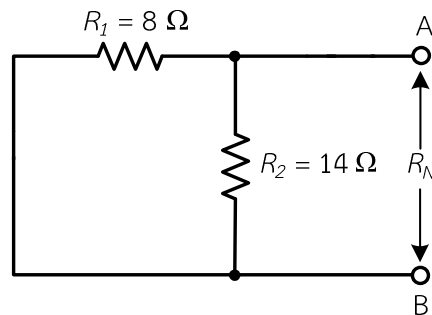
$$I_2 = 1.714 \text{ A}$$

ดังนั้น $I_2 = I_N$

$$I_N = 1.714 \text{ A}$$

∴ กระแสเทียบเท่า นอร์ตัน = 1.714 แอมแปร์ ตอบ

3. หาค่าความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว



รูปที่ 11.20 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.3

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

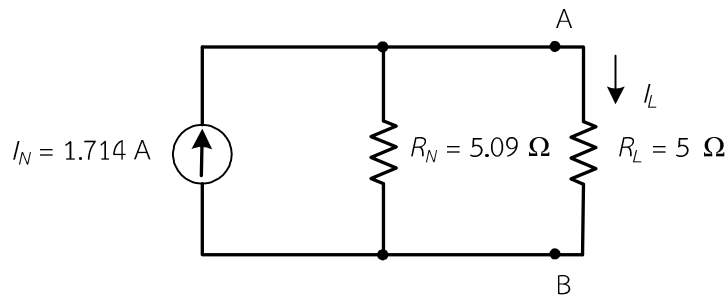
$$R_N = \frac{8 \Omega \times 14 \Omega}{8 \Omega + 14 \Omega}$$

$$R_N = 5.09 \Omega$$

∴ ความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน = 5.09 โอห์ม ตอบ

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

4. นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า นอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่ 12.21 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.21 แสดงวงจรเทียบเท่า นอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.3

$$I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L}$$

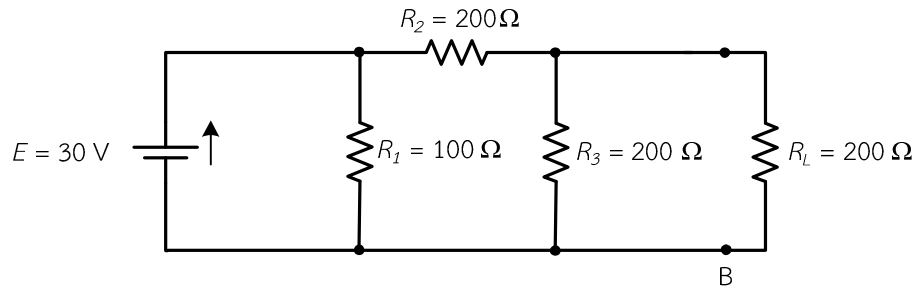
$$I_L = 1.714 \text{ A} \times \frac{5.09 \Omega}{5.09 \Omega + 5 \Omega}$$

$$I_L = 0.865 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด = 0.865 แอมแปร์ ตอบ

ตัวอย่างที่ 12.4 จากวงจรไฟฟ้า ในรูปที่ 12.22 จงคำนวณหาค่า

- กระแสเทียบเท่านอร์ตัน ; I_N
- ความต้านทานเทียบเท่านอร์ตัน ; R_N
- กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

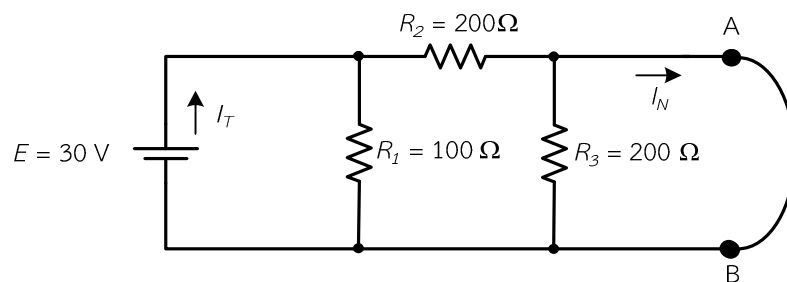


รูปที่ 12.22 วงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.4

- กระแสเทียบเท่านอร์ตัน ; I_N

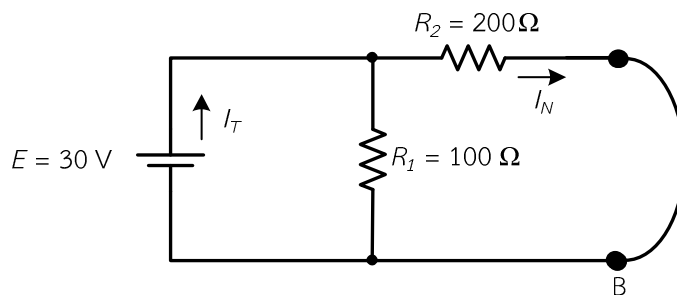
วิธีทำ

- ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B
- หากระแสเทียบเท่านอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด A-B ซึ่งก็คือ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน ขั้ว A-B ดังรูปที่ 12.23



รูปที่ 12.23 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.4

จากรูปที่ 12.23 เมื่อเราลัดวงจรที่ขั้ว A-B จะทำให้ R_3 ถูกลัดวงจรด้วย จึงทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_3 แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจรแทน เพราะมีความต้านทานต่ำกว่า เราจึงเขียนวงจรใหม่ได้ดังรูปที่ 12.24



รูปที่ 12.24 แสดงวงจรที่เราเขียนใหม่สำหรับใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.4

จากวงจรในรูปที่ 12.24 จะเห็นว่าก่อนที่เราจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้นจะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อนแล้ว เราจึงใช้กฎการแบ่งกระแส เพื่อหาค่ากระแส I_N โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

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

$$R_T = \frac{(100 \Omega \times 200 \Omega)}{(100 \Omega + 200 \Omega)}$$

$$R_T = 66.667 \Omega$$

∴ ความต้านทานรวมของวงจร = 66.667 โอห์ม

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

$$I_T = \frac{30 \text{ V}}{66.667 \Omega}$$

$$I_T = 0.45 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้ารวมของวงจร = 0.45 แอมแปร์ ตอบ

$$I_N = I_T \times \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

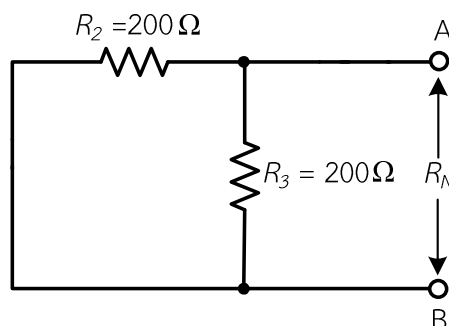
$$I_N = 0.45 \text{ A} \times \frac{100 \Omega}{100 \Omega + 200 \Omega}$$

$$I_N = 0.15 \text{ A}$$

∴ กระแสเทียบเท่า นอร์ตัน = 0.15 แอมแปร์ ตอบ

ข. ความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน ; R_N

3. หาความต้านทานเทียบเท่า นอร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด A-B โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร ดังรูปที่ 12.25



รูปที่ 11.25 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.4

$$R_N = \frac{R_2 \times R_3}{R_2 + R_3}$$

$$R_N = \frac{200 \Omega \times 200 \Omega}{200 \Omega + 200 \Omega}$$

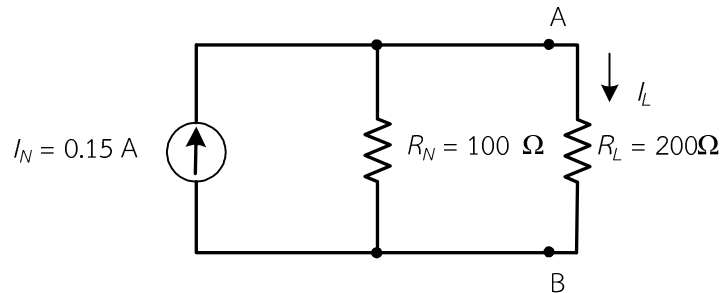
$$R_N = 100 \Omega$$

∴ ความต้านทานเทียบเท่าของนอร์ตัน = 100 โอห์ม ตอบ

ค. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด ; I_L

4. นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ดังรูปที่

12.26 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.26 แสดงวงจรเทียบเท่าของนอร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด A-B ของวงจรไฟฟ้า ตามตัวอย่างที่ 12.4

$$I_L = I_N \times \frac{R_N}{R_N + R_L}$$

$$I_L = 0.15 \text{ A} \times \frac{100 \Omega}{100 \Omega + 200 \Omega}$$

$$I_L = 0.05 \text{ A}$$

∴ กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานโหลด = 0.05 แอมแปร์ ตอบ

สรุปสาระสำคัญ

ในวงจรไฟฟ้าที่เราจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนค่าความต้านทานตัวใดตัวหนึ่งค่าในวงจร การใช้กฎของโอห์มหรือกฎของเคอร์ชอฟฟ์มาช่วยแก้ปัญหาก็จะเกิดความยุ่งยากมาก เกิดความผิดพลาดได้ง่ายและเสียเวลา มีวิธีที่แก้ปัญหานี้ได้ง่ายและสะดวกมากกว่า โดยเราใช้ทฤษฎีของนอร์ตันเข้ามาช่วยแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยากและซับซ้อนเช่นเดียวกับทฤษฎีของเทวินิน เราสามารถยุบวงจรที่ยุ่งยากให้เหลือเพียงแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าหนึ่งตัวต่อขนานกับตัวต้านทานหนึ่งตัว การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่เราสนใจ มีขั้นตอน คือ ปลดตัวต้านทานที่ต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุดนั้น จากนั้นหาค่ากระแสเทียบเท่าที่ไหลผ่านจุดที่ลัดวงจร แล้วหาความต้านทานเทียบเท่าที่มองจากจุดที่ปลดตัวต้านทานออก โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว หากมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าทุกตัว จากนั้นเขียนวงจรเทียบเท่าที่นอร์ตัน โดยใช้ค่ากระแสเทียบเท่าที่นอร์ตันและความต้านทานเทียบเท่าที่นอร์ตันจากที่คำนวณได้ นำตัวต้านทานที่ได้ปลดออกในตอนแรกต่อขนานกับตัวต้านทานที่มีความต้านทานเทียบเท่าที่นอร์ตัน จากนั้นใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้าคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่สนใจ