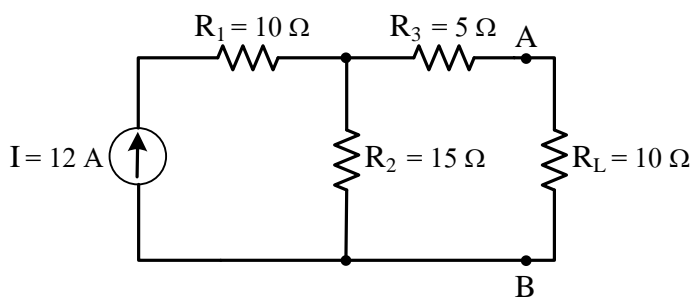


แบบทดสอบก่อนเรียน
หน่วยที่ 12 ทฤษฎีของนอร์ตัน

- คำชี้แจง**
1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 14 ข้อ
 2. ให้ทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว
 3. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที

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

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ก-12.1 ใช้ตอบคำถามข้อ 2-6

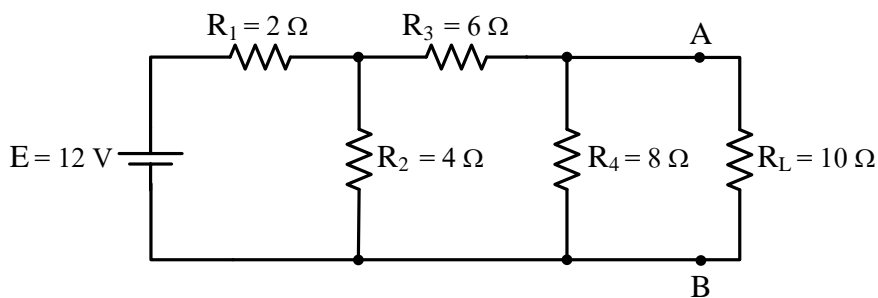


รูปที่ ก-12.1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 2-6

2. ข้อใดคือขั้นตอนการหากระแสเทียบเท่าานอร์ตัน
 - ก. เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเท่าานอร์ตันที่จุด A-B
 - ข. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B แล้วหากระแสเทียบเท่าานอร์ตัน
 - ค. ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A-B แล้วหากระแสเทียบเท่าานอร์ตัน
 - ง. ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเท่าานอร์ตันที่จุด A-B

3. ข้อใดคือขั้นตอนการหาความต้านทานเทียบเท่า Norton
- ก. ปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton ที่จุด A-B
 - ข. ปลด R_L ออกจากวงจร ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton ที่จุด A-B
 - ค. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton
 - ง. ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A-B แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton
4. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด
- ก. 9 A
 - ข. 8 A
 - ค. 7 A
 - ง. 6 A
5. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด
- ก. 25 Ω
 - ข. 20 Ω
 - ค. 15 Ω
 - ง. 10 Ω
6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าใด
- ก. 12 A
 - ข. 10 A
 - ค. 8 A
 - ง. 6 A

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ก-11.2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-9



รูปที่ ก-12.2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-9

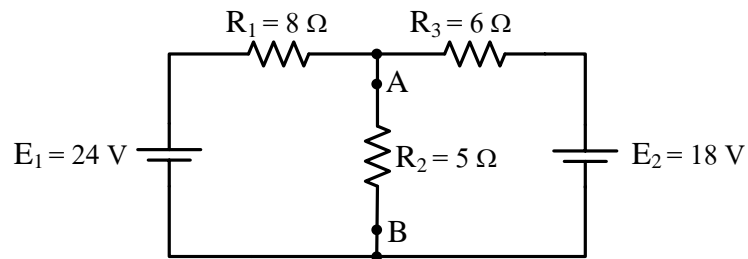
7. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด
- ก. 1.39 A
 - ข. 1.29 A
 - ค. 1.19 A
 - ง. 1.09 A
8. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด

- ก. 3.83Ω
- ข. 3.43Ω
- ค. 2.83Ω
- ง. 2.43Ω

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าใด

- ก. 0.4 A
- ข. 0.3 A
- ค. 0.2 A
- ง. 0.1 A

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ก-11.3 ใช้ตอบคำถามข้อ 10-12



รูปที่ ก-12.3 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 10-12

10. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด

- ก. 7 A
- ข. 6.5 A
- ค. 6 A
- ง. 5.5 A

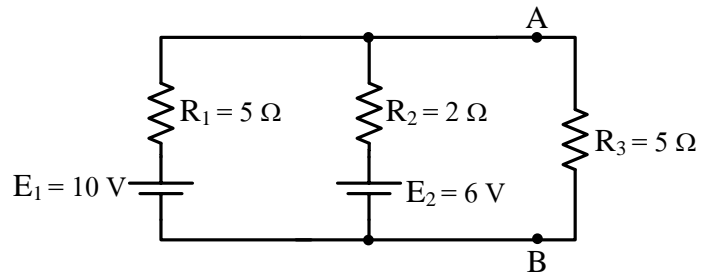
11. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด

- ก. 3.83Ω
- ข. 3.43Ω
- ค. 2.83Ω
- ง. 2.43Ω

12. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 มีค่าเท่าใด

- ก. 2.82 A
- ข. 2.44 A
- ค. 2.22 A
- ง. 1.42 A

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ก-12.4 ใช้ตอบคำถามข้อ 13-15



รูปที่ ก-12.4 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 13-15

13. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด
- | | |
|--------|--------|
| ก. 8 A | ข. 7 A |
| ค. 6 A | ง. 5 A |
14. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด
- | | |
|------------------|------------------|
| ก. 2.83 Ω | ข. 2.43 Ω |
| ค. 1.83 Ω | ง. 1.43 Ω |
15. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 มีค่าเท่าใด
- | | |
|-----------|-----------|
| ก. 1.21 A | ข. 1.11 A |
| ค. 0.91 A | ง. 0.81 A |

หน่วยที่ 12

ทฤษฎีของนอร์ตัน

สาระการเรียนรู้

- 12.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน
- 12.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน
- 12.3 การแก้ปัญหาโจทย์วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

จุดประสงค์การสอน

จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจการใช้ทฤษฎีของนอร์ตันในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกทฤษฎีของนอร์ตันได้
2. คำนวณหาค่ากระแสและความต้านทานเทียบเท่านอร์ตันได้

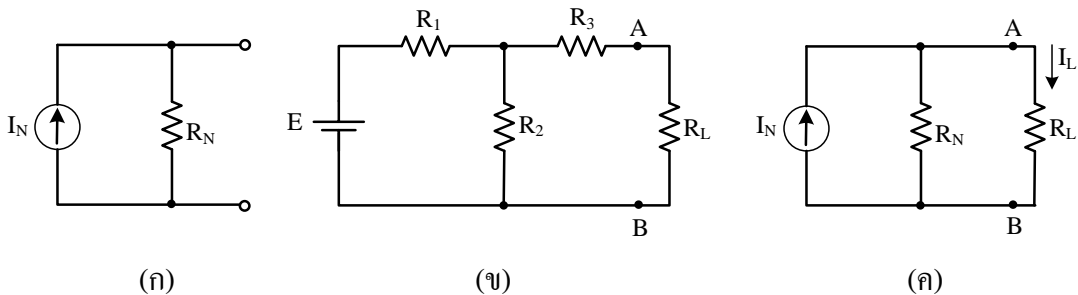
ทฤษฎีของนอร์ตัน

บทนำ

ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีความยุ่งยาก และต้องการหากระแสไฟฟ้า และแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นที่ตัวต้านทานที่เปลี่ยนค่าได้ นอกจากใช้ทฤษฎีของเทเวนินในการแก้ปัญหาแล้ว ยังสามารถใช้ทฤษฎีของนอร์ตันได้เช่นกัน

11.1 ทฤษฎีของนอร์ตัน

โดยทฤษฎีของนอร์ตันกล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้าแบบเชิงเส้นใด ๆ ที่มีแหล่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าต่ออยู่ สามารถยุบหรือรวมวงจรให้อยู่ในรูปของแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้าได้” โดยแหล่งกำเนิดกระแสไฟฟ้านี้จะต่อขนานกับตัวต้านทานตัวหนึ่ง เรียกว่า วงจรเทียบเท่านอร์ตัน ดังรูปที่ 12.1 (ก)



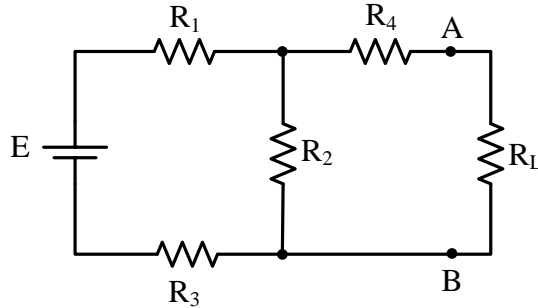
รูปที่ 12.1 แสดงหลักการของทฤษฎีของนอร์ตัน

โดย I_N คือ กระแสเทียบเท่านอร์ตัน เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด AB ในขณะลัดวงจร
 R_N คือ ความต้านทานเทียบเท่านอร์ตัน ซึ่งเป็นความต้านทานของวงจรที่มองจากจุด AB โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันทุกตัว หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสให้เปิดวงจร

จากวงจรในรูปที่ 12.1 (ข) ถ้าต้องการหาค่ากระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_L ทำได้โดยปลด R_L ออกจากจุด AB แล้วลัดวงจร โดยพิจารณาที่จุด AB ซึ่งส่วนของวงจรด้านซ้ายมือจะถูกยุบให้เหลือเพียงวงจรเทียบเท่านอร์ตัน และหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L ได้โดยต่อ R_L เข้ากับวงจรเทียบเท่านอร์ตัน ดังรูปที่ 12.1 (ค)

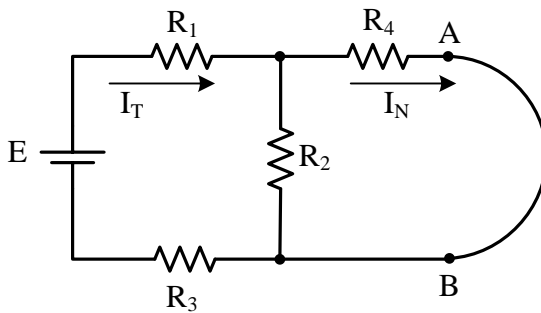
11.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตัน

การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลด โดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน จากวงจรในรูปที่ 12.2 มีขั้นตอนดังนี้



รูปที่ 12.2 วงจรไฟฟ้า

12.2.1 ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด AB ดังรูปที่ 12.3 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเท่า นอร์ตัน (I_N) ระหว่างจุด AB ซึ่งก็คือกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านจุด AB นั่นเอง



รูปที่ 12.3 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแสเทียบเท่า นอร์ตัน

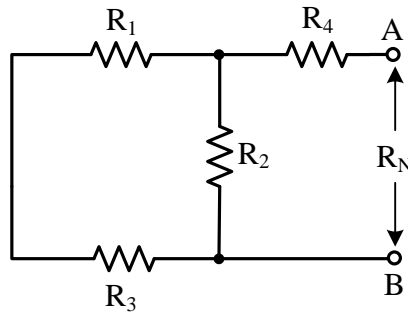
จากวงจรในรูปที่ 12.3 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้นั้น จะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน จากนั้นใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแส I_N โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

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

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

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

11.2.2 หาความต้านทานเทียบเท่าออร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด AB โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร (หากเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ดังรูปที่ 12.4

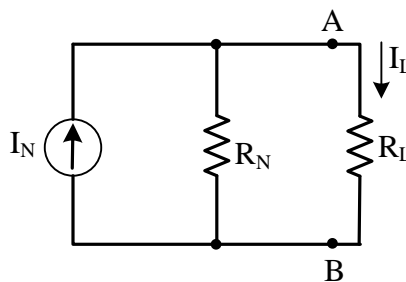


รูปที่ 12.4 แสดงการหาความต้านทานเทียบเท่าออร์ตัน

จากวงจรในรูปที่ 12.4 หาความต้านทานเทียบเท่าออร์ตัน (R_N) ได้จากการนำ R_1 อนุกรมกับ R_3 แล้วขนานกับ R_2 จากนั้นจึงอนุกรมกับ R_4 ดังสมการที่ (11-4) (การหาความต้านทานเทียบเท่าออร์ตันจะเหมือนกับการหาความต้านทานเทียบเท่าเทเวนิน)

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

12.2.3 นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่าออร์ตัน แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด AB ดังรูปที่ 12.5 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.5 แสดงวงจรเทียบเท่าออร์ตัน ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด AB

ดังนั้น

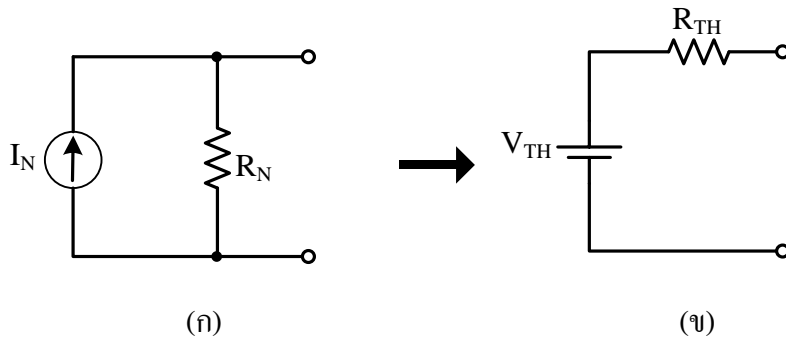
$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} \quad (12-5)$$

วงจรเทียบเท่า Norton ที่มีแหล่งจ่ายกระแสเทียบเท่า Norton ต่อขนานกับความต้านทานเทียบเท่า Norton สามารถเปลี่ยนให้อยู่ในรูปวงจรเทียบเท่า Thevenin ที่มีแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่า Thevenin ต่ออนุกรมกับความต้านทานเทียบเท่า Thevenin (ความต้านทานเทียบเท่า Thevenin มีค่าเท่ากับ ความต้านทานเทียบเท่า Norton) โดยสามารถเปลี่ยนแหล่งจ่ายสลับไปมาระหว่างกันได้ ดังนี้

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเท่า Norton เป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่า Thevenin ดังสมการที่ (12-6)

$$V_{TH} = I_N R_N \quad (12-6)$$

$$R_{TH} = R_N \quad (12-7)$$

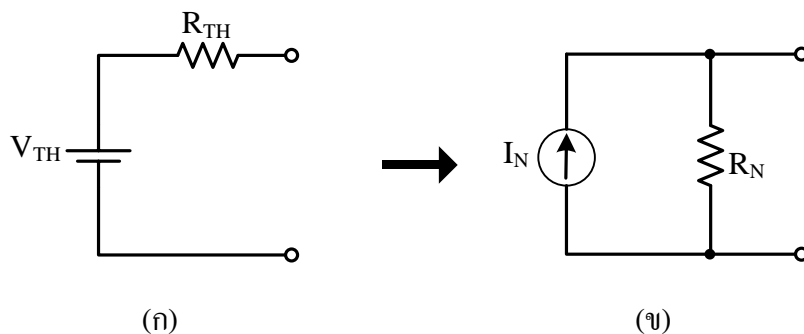


รูปที่ 12.6 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายกระแสเทียบเท่า Norton เป็นแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่า Thevenin

การเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่า Thevenin เป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเท่า Norton ดังสมการที่ (12-8)

$$I_N = \frac{V_{TH}}{R_{TH}} \quad (12-8)$$

$$R_N = R_{TH} \quad (12-9)$$

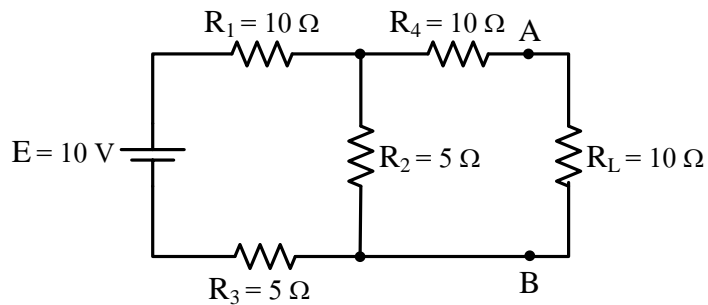


รูปที่ 12.7 แสดงการเปลี่ยนแหล่งจ่ายแรงดันเทียบเท่า Thevenin เป็นแหล่งจ่ายกระแสเทียบเท่า Norton ซึ่งการเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟฟ้านี้ จะช่วยในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าให้ง่ายขึ้น

11.3 การแก้ปัญหาคircuit วงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีของนอร์ตัน

จากหลักการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าในหัวข้อที่ผ่านมา สามารถนำมาแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าดังตัวอย่างต่อไปนี้

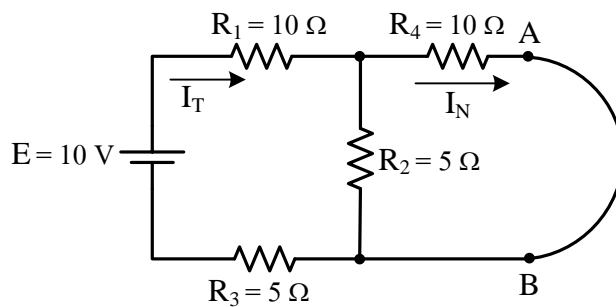
ตัวอย่างที่ 12.1 จากวงจรในรูปที่ 12.8 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 12.8 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.1

วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด AB ดังรูปที่ 12.9 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบแทนนอร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด AB



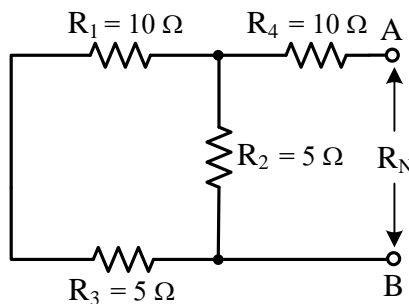
รูปที่ 12.9 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.1

จากวงจรในรูปที่ 12.9 จะเห็นว่า ก่อนจะหาค่ากระแส I_N ได้ นั้น จะต้องทราบค่ากระแสไฟฟ้ารวม (I_T) ของวงจรก่อน แล้วจึงใช้กฎการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

โดยเริ่มจากการหาความต้านทานรวมของวงจร ดังนี้

$$\begin{aligned}R_T &= \frac{R_2 R_4}{R_2 + R_4} + R_1 + R_3 \\ &= \frac{5 \times 10}{5 + 10} + 10 + 5 = 18.33 \Omega \\ I_T &= \frac{E}{R_T} \\ &= \frac{10}{18.33} = 0.55 \text{ A} \\ I_N &= \frac{I_T R_2}{R_2 + R_4} \\ &= \frac{0.55 \times 5}{5 + 10} = 0.18 \text{ A}\end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) ที่มองจากจุด AB โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่าย แรงดันไฟฟ้าทุกตัวที่มีในวงจร ดังรูปที่ 12.10

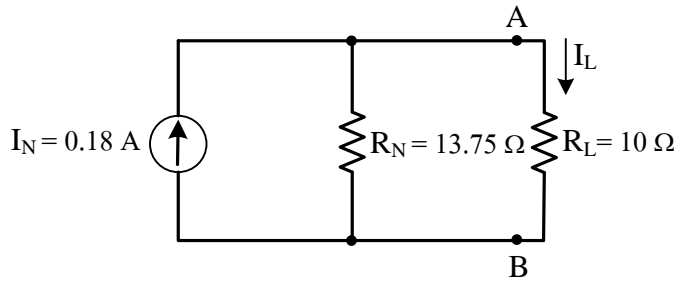


รูปที่ 12.10 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.1

จากวงจรในรูปที่ 12.10 หาความต้านทานเทียบเท่า Norton ได้จาก การนำ R_1 อนุกรมกับ R_3 แล้วขนานกับ R_2 จากนั้นจึงอนุกรมกับ R_4 จะได้

$$\begin{aligned}R_N &= \frac{(R_1 + R_3)R_2}{(R_1 + R_3) + R_2} + R_4 \\ &= \frac{(10 + 5)5}{10 + 5 + 5} + 10 = 13.75 \Omega\end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า Norton (R_N) แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด AB ดังรูปที่ 12.11 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.11 แสดงวงจรเทียบเท่า Norton ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด AB ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.1

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

$$= \frac{0.18 \times 13.75}{13.75 + 10} = 0.104 \text{ A} = 104 \text{ mA} \quad \text{ตอบ}$$

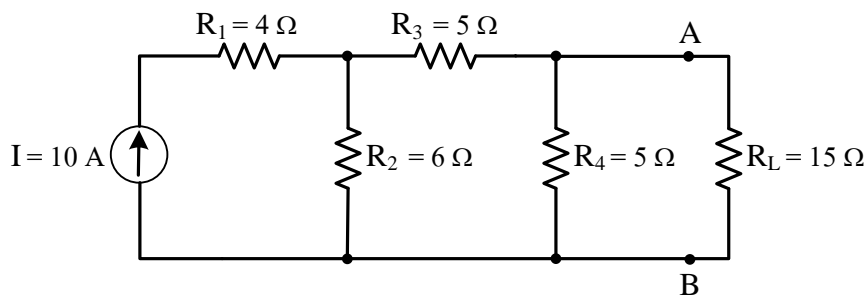
หากเปลี่ยนค่าความต้านทาน R_L เป็นค่าต่าง ๆ โดยแทนค่า R_L ค่าใหม่ลงใน

สมการ $I_L = \frac{I_N R_N}{R_N + R_L}$ ซึ่งจะได้ค่ากระแส I_L ที่เปลี่ยนไป ดังตารางที่ 12.1

ตารางที่ 12.1 แสดงค่ากระแส I_L เมื่อเปลี่ยนค่าความต้านทาน R_L

$R_L (\Omega)$	$I_L (\text{A})$
20	0.073
40	0.046
60	0.034
80	0.026
100	0.022

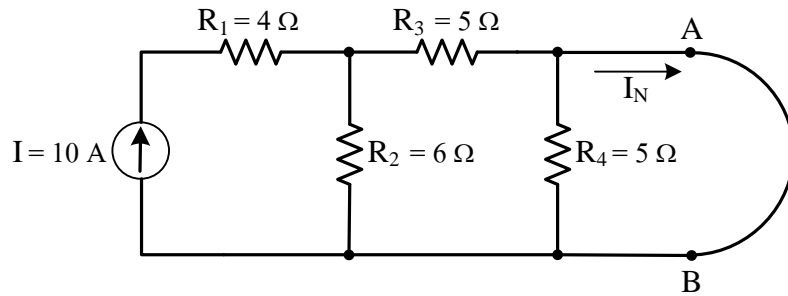
ตัวอย่างที่ 12.2 จากวงจรในรูปที่ 12.12 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



รูปที่ 12.12 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.2

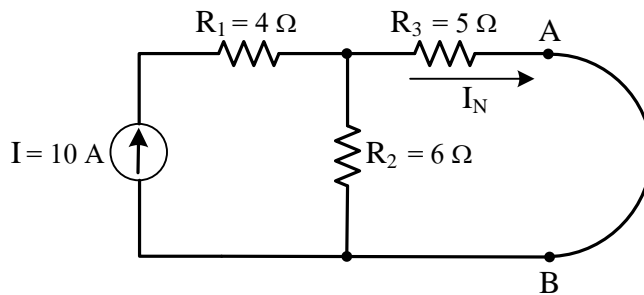
วิธีทำ

ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด AB ดังรูปที่ 12.13 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเท่า Norton (I_N) ที่ไหลผ่านจุด AB



รูปที่ 12.13 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.2

เมื่อลัดวงจรที่จุด AB จะทำให้ R_4 ถูกลัดวงจรด้วย ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_4 แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจรแทน เพราะมีความต้านทานต่ำกว่า เขียนวงจรใหม่ได้ ดังรูปที่ 11.14

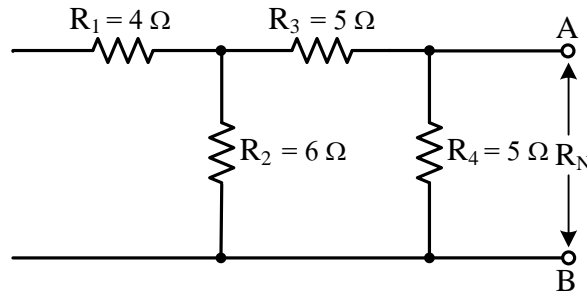


รูปที่ 12.14 แสดงวงจรที่เขียนใหม่สำหรับใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.2

ดังนั้น กระแส I_N จึงเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 นั่นเอง จึงใช้หลักการแบ่งกระแสเพื่อหาค่ากระแส I_N

$$\begin{aligned} I_N &= \frac{IR_2}{R_2 + R_3} \\ &= \frac{10 \times 6}{6 + 5} = 5.45 \text{ A} \end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) ที่มองจากจุด AB โดยเปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 12.15

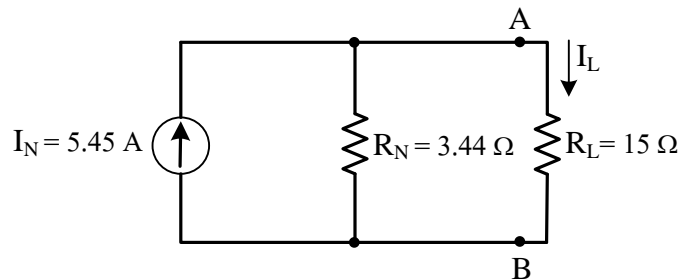


รูปที่ 12.15 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.2

จากวงจรในรูปที่ 12.15 หาค่าความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) ได้จาก การนำ R_2 อนุกรมกับ R_3 แล้วจึงขนานกับ R_4 จะได้

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{(R_2 + R_3)R_4}{(R_2 + R_3) + R_4} \\ &= \frac{(6 + 5)5}{6 + 5 + 5} = 3.44 \Omega \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า Norton แล้วต่อ R_L เข้าที่จุด AB ดังรูปที่ 12.16 จากนั้น คำนวณหากระแสที่ไหลผ่าน R_L โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

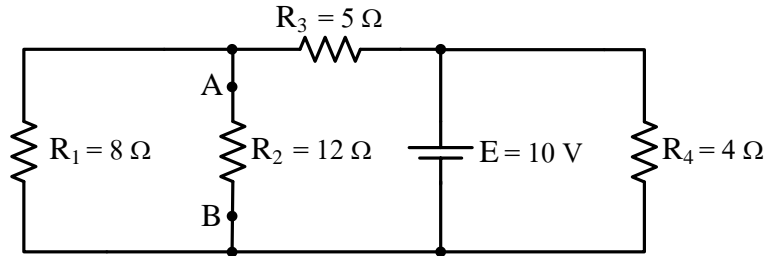


รูปที่ 12.16 แสดงวงจรเทียบเท่า Norton ที่ต่อ R_L เข้าที่จุด AB ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.2

$$\begin{aligned} I_L &= \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} \\ &= \frac{5.45 \times 3.44}{3.44 + 15} = 1.02 \text{ A} \end{aligned}$$

ตอบ

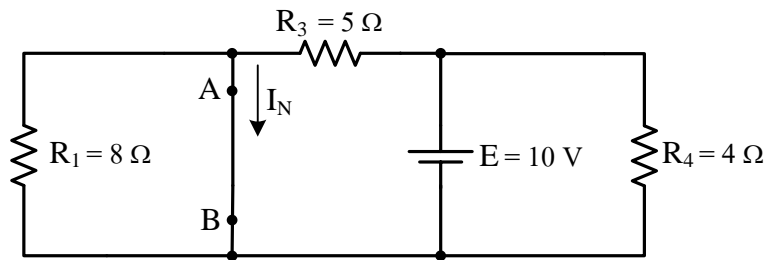
ตัวอย่างที่ 12.3 จากวงจรในรูปที่ 12.17 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2



รูปที่ 12.17 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.3

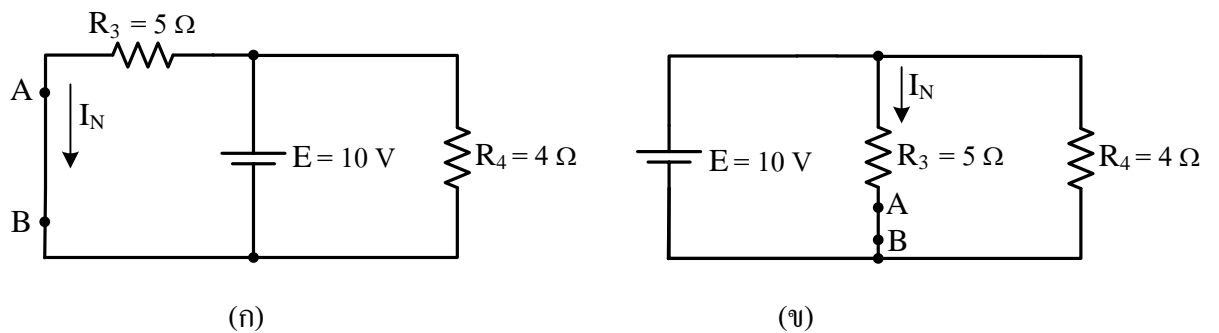
วิธีทำ

ปลด R_2 ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด AB ดังรูปที่ 12.18 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบแทนออร์ตัน (I_N) ที่ไหลผ่านจุด AB



รูปที่ 12.18 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.3

จากวงจรในรูปที่ 12.18 เมื่อลัดวงจรที่จุด AB จะทำให้ R_1 ถูกลัดวงจรด้วย ทำให้ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน R_1 แต่กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านส่วนที่ลัดวงจร เขียนวงจรใหม่ได้ดังรูปที่ 12.19

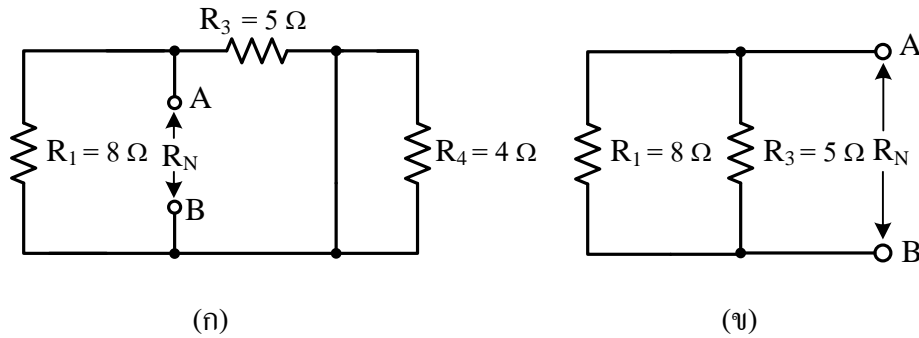


รูปที่ 12.19 แสดงวงจรที่เขียนใหม่สำหรับใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.3

ดังนั้น กระแส I_N จึงเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 นั่นเอง จะได้

$$\begin{aligned} I_N &= \frac{E}{R_3} \\ &= \frac{10}{5} = 2 \text{ A} \end{aligned}$$

หาความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) ที่มองจากจุด AB โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า ดังรูปที่ 11.20

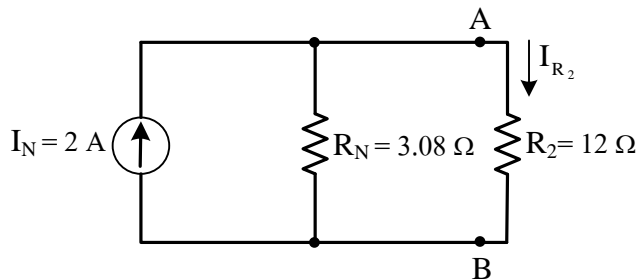


รูปที่ 12.20 แสดงวงจรที่ใช้หาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.3

จากวงจรในรูปที่ 12.20 (ข) จะเห็นว่า เมื่อปิดวงจรหรือลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าเป็นผลให้ R_4 ถูกลัดวงจรไปด้วย ดังนั้นความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) จึงหาได้จาก R_1 ขนานกับ R_3

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} \\ &= \frac{8 \times 5}{8 + 5} = 3.08 \Omega \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า Norton แล้วต่อ R_2 เข้าที่จุด AB ดังรูปที่ 11.21 จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

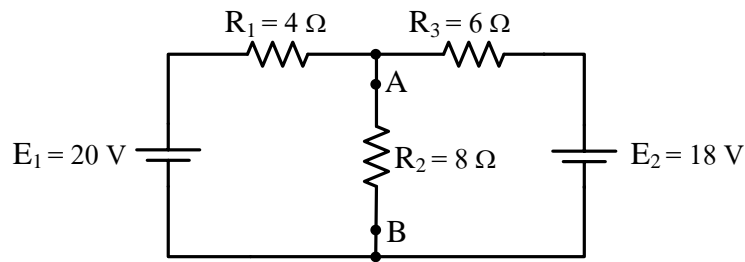


รูปที่ 12.21 แสดงวงจรเทียบเท่า Norton ที่ต่อ R_2 เข้าที่จุด AB ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.3

$$\begin{aligned} I_{R_2} &= \frac{I_N R_N}{R_N + R_L} \\ &= \frac{2 \times 3.08}{3.08 + 12} = 0.41 \text{ A} \end{aligned}$$

ตอบ

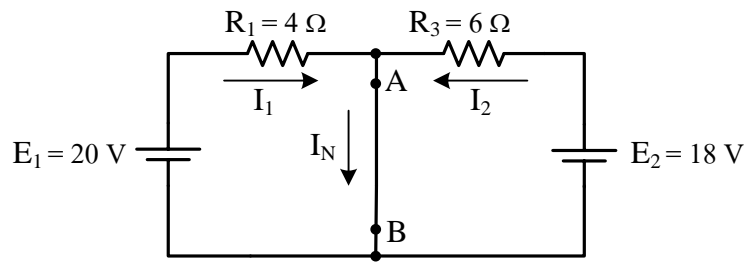
ตัวอย่างที่ 12.4 จากวงจรในรูปที่ 12.22 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2



รูปที่ 12.22 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.4

วิธีทำ

ปลด R_2 ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด AB ดังรูปที่ 11.23 จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเท่า Norton (I_N) ที่ไหลผ่านจุด AB โดยมีทิศทางไหลของกระแสไฟฟ้า ดังรูปที่ 11.23



รูปที่ 12.23 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.4

จากวงจรในรูปที่ 12.23 จะเห็นว่า กระแส I_N เป็นผลรวมของกระแส I_1 และ I_2 จะ
ได้

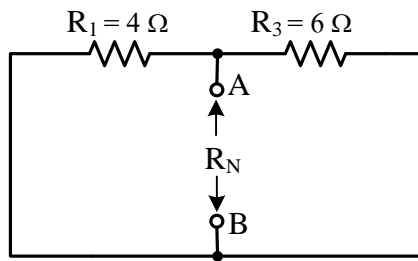
$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{E_1}{R_1} \\ &= \frac{20}{4} = 5 \text{ A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{E_2}{R_3} \\ &= \frac{18}{6} = 3 \text{ A} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} I_N &= I_1 + I_2 \\ &= 5 + 3 = 8 \text{ A} \end{aligned}$$

หาคความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) ที่มองจากจุด AB โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว ดังรูปที่ 12.24

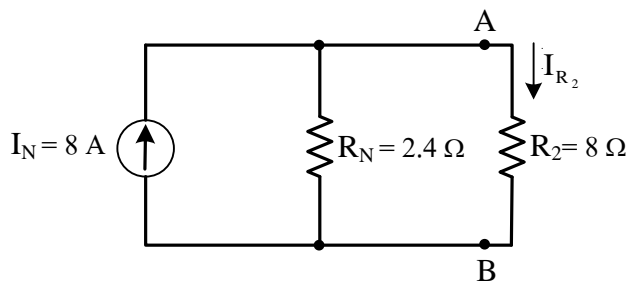


รูปที่ 12.24 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.4

จากวงจรในรูปที่ 12.24 หาคความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) ได้จาก R_1 ขนานกับ R_3

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{R_1 R_3}{R_1 + R_3} \\ &= \frac{4 \times 6}{4 + 6} = 2.4 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่า Norton แล้วต่อ R_2 เข้าที่จุด AB ดังรูปที่ 11.25 จากนั้น คำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า

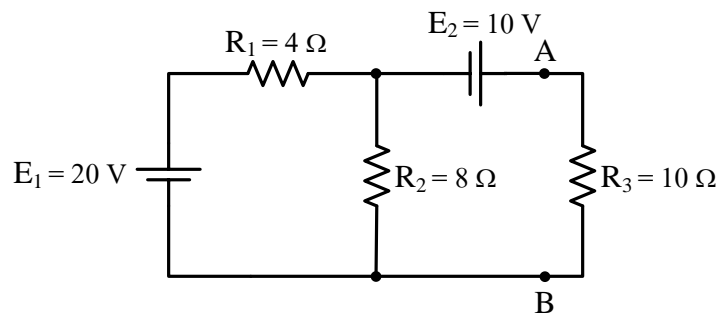


รูปที่ 12.25 แสดงวงจรเทียบเท่า Norton ที่ต่อ R_2 เข้าที่จุด AB ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.4

$$\begin{aligned} I_{R_2} &= \frac{I_N R_N}{R_N + R_2} \\ &= \frac{8 \times 2.4}{2.4 + 8} = 1.85 \text{ A} \end{aligned}$$

ตอบ

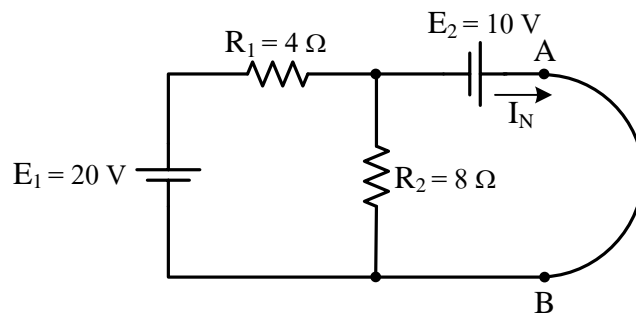
ตัวอย่างที่ 12.5 จากวงจรในรูปที่ 12.26 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3



รูปที่ 12.26 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.5

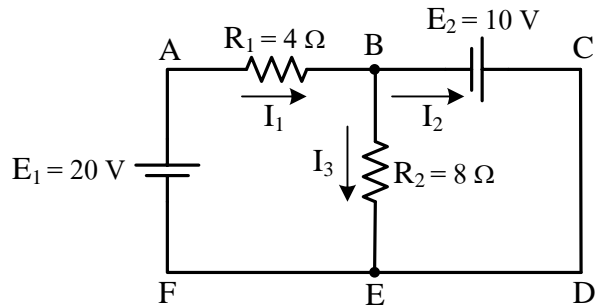
วิธีทำ

ปลด R_3 ออกจากวงจร แล้ววัดวงจรที่จุด AB จากนั้นคำนวณหากระแสเทียบเท่า Norton (I_N) ที่ไหลผ่านจุด AB ดังรูปที่ 12.27



รูปที่ 12.27 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.5

จากวงจรในรูป 12.27 ใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์มาช่วยในการหากระแสเทียบเท่า Norton โดยกำหนดทิศทางกระแส ดังรูปที่ 12.28 ซึ่งจะเห็นว่ากระแส I_N เท่ากับ I_2 นั่นเอง



รูปที่ 12.28 แสดงวงจรที่ใช้หาค่ากระแส I_N โดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.5

เขียนสมการกระแสไฟฟ้าตามกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ จะได้

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

เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันของเคอร์ชอฟฟ์

พิจารณาลูป ABEFA จะได้

$$4I_1 + 8I_3 = 20$$

$$4I_1 + 8(I_1 - I_2) = 20$$

$$12I_1 - 8I_2 = 20 \quad (2)$$

พิจารณาลูป BCDEB จะได้

$$-8I_3 = 10$$

$$-8(I_1 - I_2) = 10$$

$$-8I_1 + 8I_2 = 10 \quad (3)$$

นำสมการที่ (2) และสมการที่ (3) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนท์

$$\begin{bmatrix} 12 & -8 \\ -8 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 20 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 12 & -8 \\ -8 & 8 \end{vmatrix} = (12 \times 8) - ((-8) \times (-8)) = 96 - 64 = 32$$

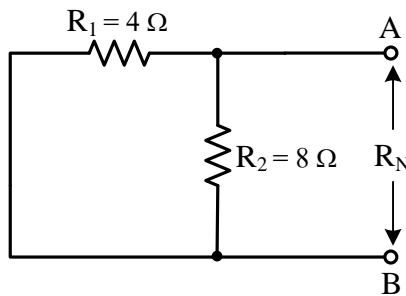
$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 12 & 20 \\ -8 & 10 \end{vmatrix} = (12 \times 10) - ((-8) \times (20)) = 120 + 160 = 280$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{\Delta_2}{\Delta} \\ &= \frac{280}{32} = 8.75 \text{ A} \end{aligned}$$

ดังนั้น

$$I_N = I_2 = 8.75 \text{ A}$$

หาคความต้านทานเทียบเท่าออร์ตัน (R_N) ที่มองจากจุด AB โดยปิดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว

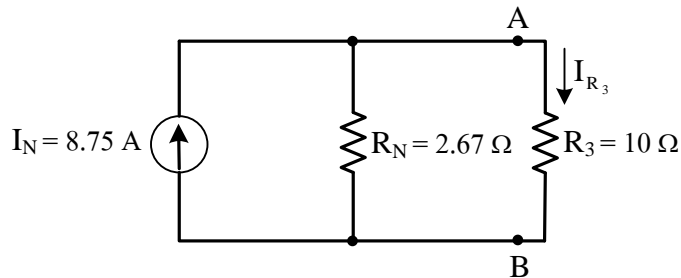


รูปที่ 12.29 แสดงการหาค่าความต้านทาน R_N ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.5

จากวงจรในรูป 12.29 หาคความต้านทานเทียบเท่าออร์ตัน (R_N) ได้จาก R_1 ขนานกับ R_2

$$\begin{aligned} R_N &= \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \\ &= \frac{4 \times 8}{4 + 8} = 2.67 \text{ } \Omega \end{aligned}$$

นำค่า I_N และ R_N มาเขียนวงจรเทียบเท่าออร์ตัน แล้วต่อ R_3 เข้าที่จุด AB จากนั้นคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 โดยใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 12.30 แสดงวงจรเทียบเท่าออร์ตัน ที่ต่อ R_3 เข้าที่จุด AB ของวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 12.5

$$\begin{aligned} I_{R_3} &= \frac{I_N R_N}{R_N + R_3} \\ &= \frac{8.75 \times 2.67}{2.67 + 10} = 1.84 \text{ A} \end{aligned} \quad \text{ตอบ}$$

สรุป

ทฤษฎีของนอร์ตันเป็นทฤษฎีที่ใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยากซับซ้อนเช่นเดียวกับทฤษฎีของเทเวนิน โดยสามารถขยุบวงจรที่ยุ่งยากให้เหลือเพียงแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าหนึ่งตัวต่อขนานกับตัวต้านทานหนึ่งตัว การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่สนใจ มีขั้นตอน คือ ปลดตัวต้านทานที่ต้องการหากระแสไฟฟ้าไหลผ่านออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุดนั้น จากนั้นหากระแสเทียบเท่าที่ไหลผ่านจุดที่ลัดวงจร แล้วหาความต้านทานเทียบเท่าที่มองจากจุดที่ปลดตัวต้านทานออก โดยลัดวงจรที่แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าทุกตัว หากมีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าทุกตัว จากนั้นเขียนวงจรเทียบเท่าที่นอร์ตัน (ซึ่งเป็นวงจรที่มีกระแสเทียบเท่าที่นอร์ตันต่อขนานกับตัวต้านทานที่มีค่าความต้านทานเทียบเท่าที่นอร์ตัน) โดยใช้ค่ากระแสเทียบเท่าที่นอร์ตันและความต้านทานเทียบเท่าที่นอร์ตันจากที่คำนวณได้ นำตัวต้านทานที่ได้ปลดออกในตอนแรกต่อขนานกับตัวต้านทานที่มีความต้านทานเทียบเท่าที่นอร์ตัน จากนั้นใช้หลักการแบ่งกระแสไฟฟ้าคำนวณหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่สนใจ

บรรณานุกรม

บรรจง จันทมาศ. **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้ากระแสตรง**. พิมพ์ครั้งที่ 12. กรุงเทพฯ :

บริษัท ส.เอเชียเพรส จำกัด, 2543.

มงคล ทองสงคราม. **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า 1**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ : ห้างหุ้นส่วนจำกัด วิ.เจ พีรินดีง
, 2540.

ไมตรี วรวิจิตรรยากุล. **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้าเล่ม 2 (ฉบับปรับปรุงใหม่)**. พิมพ์ครั้งที่ 2. ฉะเชิงเทรา :
ศูนย์การพิมพ์พลชัย, 2538.

สุธน แก่นตัน. **ปฏิบัติวงจรไฟฟ้ากระแสตรง เล่ม 2**. กรุงเทพฯ : ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, มปป.

อดุลย์ กัลยาแก้วและคณะ. **วงจรไฟฟ้า 1 (วงจรไฟฟ้ากระแสตรง)**. กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีพ,
2546.

Charles K. Alexander, Matthew N.O. Sadiku. **Fundamentals of Electric Circuits**.

Second Edition. Singapore : McGraw-Hill, 2004.

Thomas L. Floyd. **Principles of Electric Circuits Conventional Current** .Seventh Edition.

New Jersey : Prentice-Hall, 2003.

Tony R. Kuphaldt. **Lessons In Electric Circuits, Volume I-DC**. [online]. Available from :

<http://www.openbookproject.net//electricCircuits/DC/DC.pdf> (10 Mar 2009).

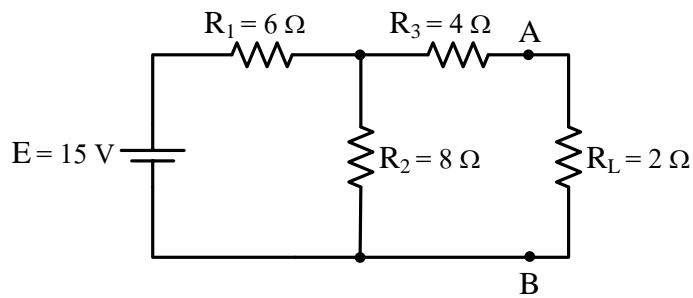
แบบฝึกหัด
หน่วยที่ 12 ทฤษฎีของนอร์ตัน

ตอนที่ 1 จงเติมคำในช่องว่างหรือให้ความหมายของคำต่อไปนี้

1. ทฤษฎีของนอร์ตันกล่าวไว้ว่า
2. การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีของนอร์ตันมีขั้นตอน คือ

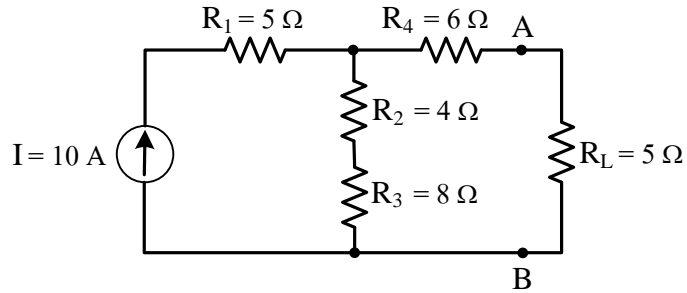
ตอนที่ 2 จงแสดงวิธีทำ

1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ๘-12.1 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



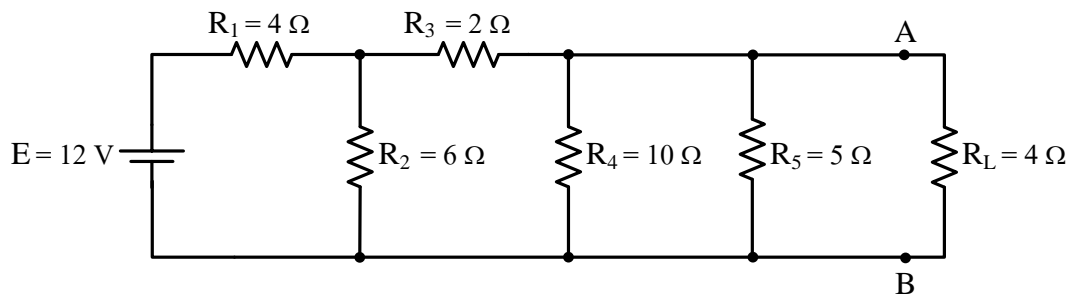
รูปที่ ๘-12.1 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ฝ-12.2 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



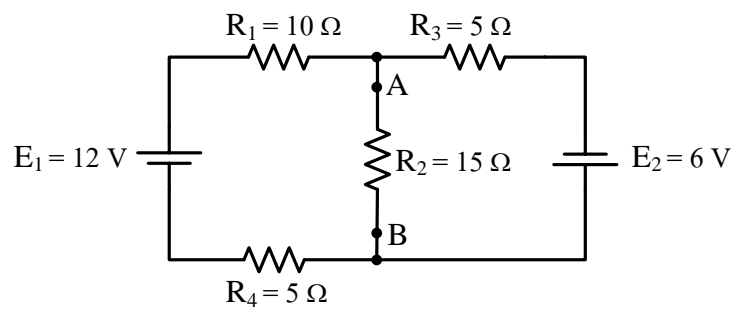
รูปที่ ฝ-12.2 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ฝ-12.3 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L



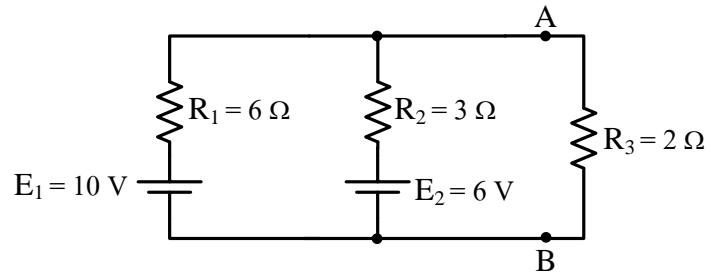
รูปที่ ฝ-12.3 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ฝ-12.4 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2



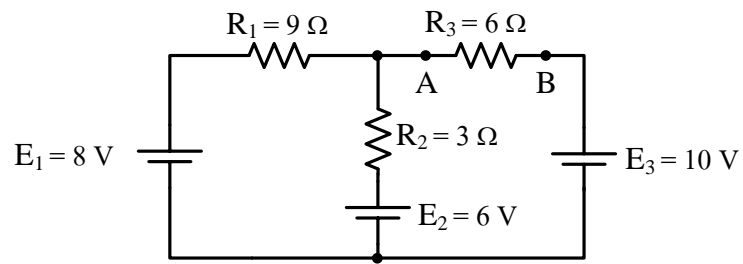
รูปที่ ฝ-12.4 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

5. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ฝ-12.5 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3



รูปที่ ฝ-12.5 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 5

6. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ฝ-12.6 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3



รูปที่ ฝ-12.6 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 6

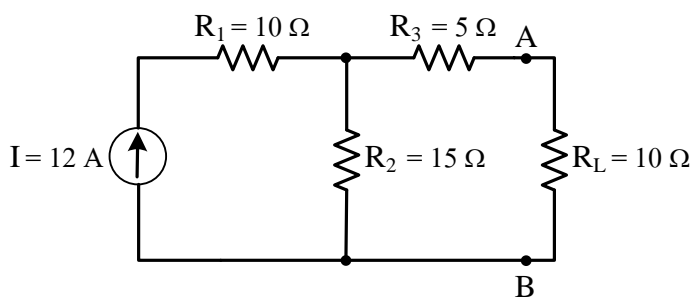
แบบทดสอบหลังเรียน
หน่วยที่ 12 ทฤษฎีของนอร์ตัน

- คำชี้แจง**
1. แบบทดสอบชุดนี้มีทั้งหมด 14 ข้อ
 2. ให้ทำเครื่องหมายกากบาท (X) ทับข้อที่ถูกที่สุดเพียงข้อเดียว
 3. ใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 20 นาที

1. ข้อใดคือทฤษฎีของนอร์ตัน

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

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ล-12.1 ใช้ตอบคำถามข้อ 2-6



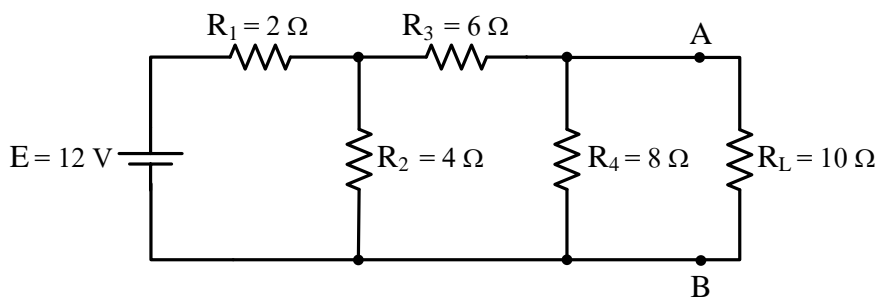
รูปที่ ล-12.1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 2-6

2. ข้อใดคือขั้นตอนการหากระแสเทียบเท่า นอร์ตัน

- ก. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B แล้วหากระแสเทียบเท่า นอร์ตัน
- ข. ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A-B แล้วหากระแสเทียบเท่า นอร์ตัน
- ค. ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเท่า นอร์ตันที่จุด A-B
- ง. เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหากระแสเทียบเท่า นอร์ตันที่จุด A-B

3. ข้อใดคือขั้นตอนการหาความต้านทานเทียบเท่า Norton
- ก. ปลด R_L ออกจากวงจรที่จุด A-B แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton
 - ข. ปลด R_L ออกจากวงจร แล้วลัดวงจรที่จุด A-B แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton
 - ค. ปลด R_L ออกจากวงจร ลัดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton ที่จุด A-B
 - ง. ปลด R_L ออกจากวงจร เปิดวงจรที่แหล่งจ่ายกระแส แล้วหาความต้านทานเทียบเท่า Norton ที่จุด A-B
4. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด
- ก. 6 A
 - ข. 7 A
 - ค. 8 A
 - ง. 9 A
5. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด
- ก. 10 Ω
 - ข. 15 Ω
 - ค. 20 Ω
 - ง. 25 Ω
6. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าใด
- ก. 6 A
 - ข. 8 A
 - ค. 10 A
 - ง. 12 A

จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ล-12.2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-9



รูปที่ ล-12.2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-9

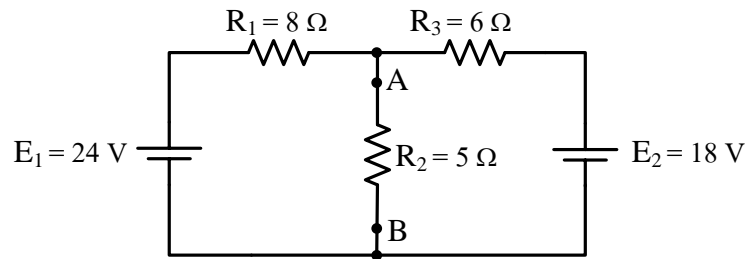
7. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด
- ก. 1.09 A
 - ข. 1.19 A
 - ค. 1.29 A
 - ง. 1.39 A
8. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด

- ก. 2.43Ω
- ข. 2.83Ω
- ค. 3.43Ω
- ง. 3.83Ω

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_L มีค่าเท่าใด

- ก. 0.1 A
- ข. 0.2 A
- ค. 0.3 A
- ง. 0.4 A

จากรวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ล-12.3 ใช้ตอบคำถามข้อ 10-12



รูปที่ ล-12.3 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 10-12

10. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด

- ก. 5.5 A
- ข. 6 A
- ค. 6.5 A
- ง. 7 A

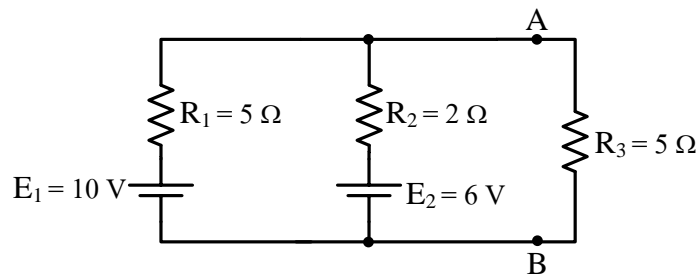
11. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด

- ก. 2.43Ω
- ข. 2.83Ω
- ค. 3.43Ω
- ง. 3.83Ω

12. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_2 มีค่าเท่าใด

- ก. 1.42 A
- ข. 2.22 A
- ค. 2.44 A
- ง. 2.82 A

จากรวงจรไฟฟ้าในรูปที่ ล-12.4 ใช้ตอบคำถามข้อ 13-15



รูปที่ ๑๒-๒.๔ สำหรับตอบคำถามข้อที่ 13-15

13. กระแสเทียบเท่า Norton (I_N) มีค่าเท่าใด
- | | |
|--------|--------|
| ก. 5 A | ข. 6 A |
| ค. 7 A | ง. 8 A |
14. ความต้านทานเทียบเท่า Norton (R_N) มีค่าเท่าใด
- | | |
|------------------|------------------|
| ก. 1.43 Ω | ข. 1.83 Ω |
| ค. 2.43 Ω | ง. 2.83 Ω |
15. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน R_3 มีค่าเท่าใด
- | | |
|-----------|-----------|
| ก. 0.81 A | ข. 0.91 A |
| ค. 1.11 A | ง. 1.21 A |