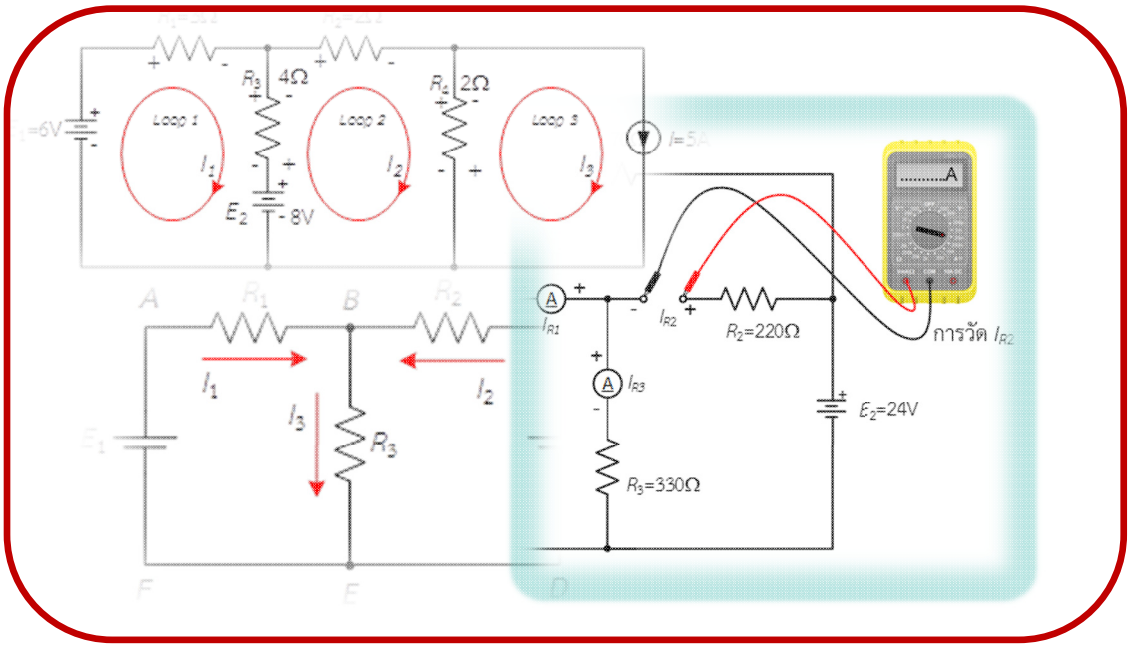
# เอกสารประกอบการเรียนการสอน
# วิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
# รหัสวิชา 2104-2002

## หน่วยที่ 10
## วิธีกระแสเมช
## สอนครั้งที่ 2 (สัปดาห์ที่ 13)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

ประเภทวิชาช่างอุตสาหกรรม




โดย


สุริยันต์ รักพวก

แผนกวิชาช่างไฟฟ้ากำลัง วิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา

กระทรวงศึกษาธิการ

| | แบบทดสอบก่อนเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

**คำชี้แจง**

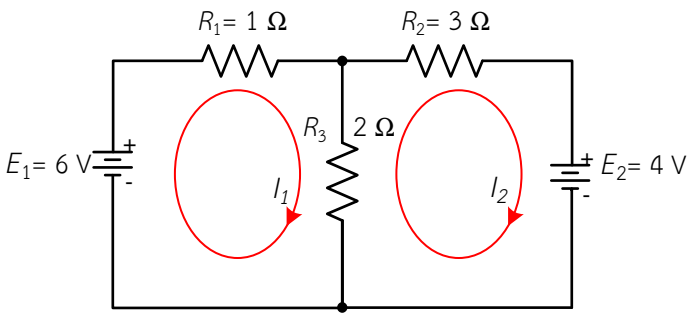
1. จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว
2. แบบทดสอบมีจำนวน 10 ข้อ ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 20 นาที

.....

1. ข้อใดถูกต้องที่สุดที่กล่าวถึงวิธีเมช
   ก. วิธีแก้ปัญหาวงจรหลายแหล่งจ่ายโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรปิด
   ข. วิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยกำหนดกระแสไฟฟ้าเป็นอิสระต่อกันไหลในแต่ละวงจรปิด
   ค. วิธีการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยให้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวแปรและหาค่าตัวแปรนั้นด้วนกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
   ง. วิธีการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าและทิศทางกระแสไฟฟ้าในระบบวงจรปิด

2. จำนวนสมการของวิธีกระแสเมชเมชคือข้อใด
   ก. จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนสาขาหลัก –1)
   ข. จำนวนสมการ = จำนวนจุดต่อหลัก – (จำนวนสาขา – 1)
   ค. จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)
   ง. จำนวนสมการ = จำนวนจุดต่อหลัก – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

จากวงจรในรูปที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 3-6




รูปที่ 1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 3-6

3. ข้อใดคือจำนวนสมการของวิธีกระแสเมช
   ก. จำนวนสมการ = 3 – (4 – 1)
   ข. จำนวนสมการ = 3 – (2 – 1)
   ค. จำนวนสมการ = 5 – (4 – 1)
   ง. จำนวนสมการ = 5 – (2 – 1)

| | แบบทดสอบก่อนเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

4.ข้อใดถูกต้องที่สุดที่กล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

ก. 1) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิด 2) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตามทิศกระแสไฟฟ้าที่กำหนด 3) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

ข. 1) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิด 2) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 3) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตามทิศกระแสไฟฟ้าที่กำหนด 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

ค. 1) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 2) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิดตามขั้วแรงดันไฟฟ้า 3) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้า 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

ง. 1) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 2) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้า 3) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิดตามขั้วแรงดันไฟฟ้า 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

5 จากรูปเขียนสมการเมชของวงจรในลูป $I_1$ ได้ตามข้อใด

ก. $(R_1 + R_3)I_1 + R_2 I_2 = -E_1$

ข. $(R_1 + R_3)I_1 - R_2 I_2 = E_1$

ค. $-(R_1 + R_3)I_1 + R_2 I_2 = -E_1$

ง. $-(R_1 + R_3)I_1 - R_2 I_2 = E_1$

6. จากรูปเขียนแทนค่าในสมการเมชของวงจรในลูป $I_2$ ได้ตามข้อใด

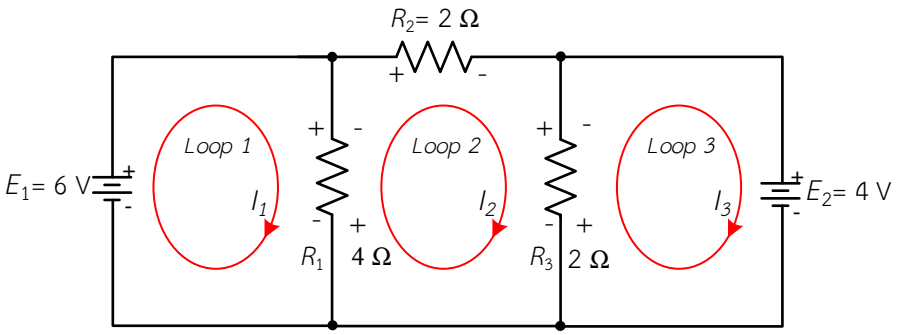
ก. $-2I_1 + 5I_2 = 4$

ข. $-2I_1 + 5I_2 = -4$

ค. $2I_1 - 5I_2 = 4$

ง. $2I_1 - 2I_2 = -4$

จากวงจรในรูปที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10




รูปที่ 2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-10

| | แบบทดสอบก่อนเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

7. กำหนดกระแสเมชดังรูป สมการเมชในลูป $I_1$ ได้ตามข้อใด

   ก. $4I_1 + 4I_2 = 6$

   ข. $4I_1 - 4I_2 = -6$

   ค. $4I_1 + 4I_2 = -6$

   ง. $4I_1 - 4I_2 = 6$

8. กำหนดกระแสเมชดังรูป สมการเมชในลูป $I_2$ ได้ตามข้อใด

   ก. $-4I_1 + 8I_2 + 2I_3 = 0$

   ข. $-4I_1 + 8I_2 - 2I_3 = 0$

   ค. $+4I_1 + 8I_2 - 2I_3 = 0$

   ง. $4I_1 + 8I_2 - 2I_3 = 0$

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านต้านทาน $R_1$ คือข้อใด

   ก. –1 A

   ข. 1 A

   ค. 1.5 A

   ง. 2.5 A

10. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านต้านทาน $R_2$ คือข้อใด

   ก. –1 A

   ข. 1 A

   ค. 1.5 A

   ง. 2.5 A

| | แบบทดสอบก่อนเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

**กระดาษคำตอบแบบทดสอบก่อนเรียน**

**คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของกระดาษคำตอบ**

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

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

**สรุปผล**

| | |
|---|---|
| เต็ม | 10 |
| ทำแบบทดสอบได้ | |
| คะแนนเก็บ 5 คะแนนได้ | |

**เกณฑ์การประเมิน**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ทำแบบทดสอบได้ | 5 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | ดีมาก |
| ทำแบบทดสอบได้ | 3.5 – 4.5 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | ดี |
| ทำแบบทดสอบได้ | 2 – 3 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | พอใช้ |
| ทำแบบทดสอบได้ | 0 – 1.5 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | ปรับปรุง |

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

## สาระสำคัญ

ในวงจรไฟฟ้าที่มีความยุ่งยาก ซับซ้อน มีแหล่งจ่ายแรงดันหลายตัว และมีหลายสาขา ซึ่งวงจรลักษณะนี้ไม่สามารถใช้กฎของโอห์มแก้ปัญหาได้ และต้องใช้เวลานานในการวิเคราะห์แก้ปัญหาของวงจรไฟฟ้าจึงมีนักวิทยาศาสตร์ชื่อ กุสตาฟ โรเบิร์ต เคอร์ชอฟฟ์ จึงได้คิดวิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าเหล่านี้เรียกว่า กฎของเคอร์ชอฟฟ์ โดยแบ่งเป็น 2 ข้อ คือ กฎกระแสไฟฟ้าและกฎแรงดันไฟฟ้าต่อมานักชาวอังกฤษชื่อ เจมส์ คลาด แมกซ์เวลล์ ได้คิดค้นวิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าให้เร็วเร็วยิ่งขึ้นโดยกำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลในแต่ละวงรอบปิด (Closed Loop) ซึ่งประกอบด้วยวงจรย่อย ๆ และถือว่ากระแสที่ไหลอยู่ในแต่ละวงจรย่อยต่างแยกกันเป็นอิสระต่อกันมีทิศทางอย่างไรก็ได้ กระแสไฟฟ้าแต่ละตัวแปรที่กำหนดขึ้นเป็นอิสระต่อกันทำให้ตัวแปรลดลงและเขียนสมการได้สะดวกกว่าการใช้กฎของเคอร์ชชอฟฟ์เรียกวิธีนี้ว่า วิธีกระแสเมช (Mesh Current Method)

## จุดประสงค์การเรียนการสอน

### จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจวิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์และด้วยวิธีกระแสเมช คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในสาขาต่าง ๆ

### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

6. บอกวิธีการคิดของวิธีกระแสเมชได้
7. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้
8. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

## คุณธรรม จริยธรรม

**1. คุณลักษณะอันพึงประสงค์**

1.1 ความรับผิดชอบ

1.2 ความมีวินัย

1.3 การตรงต่อเวลา

1.4 ความมีมนุษย์สัมพันธ์

1.5 ความรู้และทักษะวิชาชีพ

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

1.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้

**2. การบูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง**

2.1 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

2.2 ทำตามลำดับขั้น

2.3 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด

2.4 การมีส่วนร่วม

## สาระการเรียนรู้

10.7 แนวคิดของวิธีกระแสเมช

10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

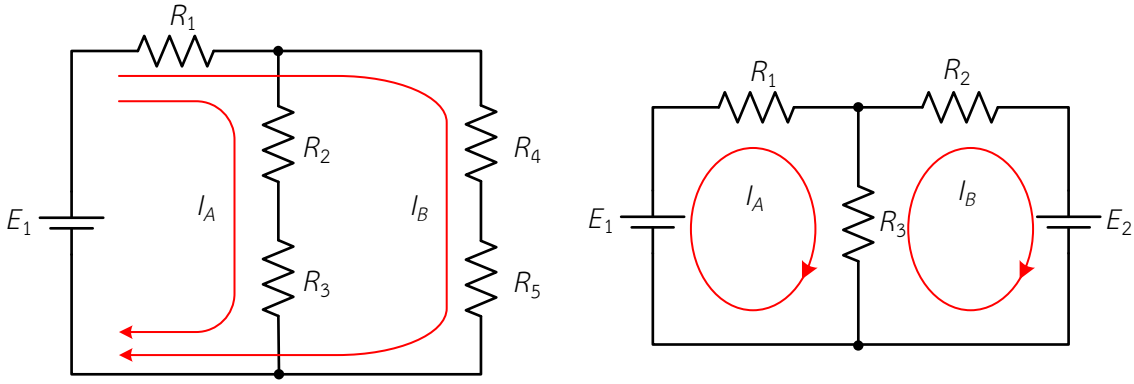
## เนื้อหาสาระ

จากที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์มาแล้วนั้น ในหน่วยนี้จะกล่าววิธีการแก้ปัญหาของวงจรไฟฟ้าที่จะใช้หาค่ากระแสไฟฟ้าให้ได้เร็ดเร็วยิ่งขึ้นคือการใช้วิธีกระแสเมช เพื่อหาสมการของวงจรไฟฟ้าแล้วนำความรู้ทางด้านคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการพิสูจน์หาค่าของตัวแปรนั้น ๆ จะเป็นวิธีการจำจัดตัวแปร หรือใช้วิธีดีเทอร์มิแนทต์ในการหาค่าตัวแปร เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านโหลดที่โจทย์กำหนด มีหัวข้อดังนี้

## 10.7 แนวคิดของวิธีกระแสเมช

การนำวิธีกระแสเมช (Mesh Current Method) หรือกระแสลูป [Mesh (Loop)] มาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีหลายแหล่งจ่าย โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กับทุกลูปที่มีการกำหนดกระแสไฟฟ้าและทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ในรูปแบบของวงรอบกระแสลูป ซึ่งจะต่างกับวิธีของเคอร์ชอฟฟ์ ที่จะกำหนดจุดต่อของกระแสแล้วหาสมการ การกำหนดวงรอบกระแสลูป และทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำให้จำนวนตัวแปรของกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้แก้สมการได้เร็วและง่ายยิ่งขึ้นดังแสดงดังรูปที่ 10.17

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |




ก) กระแสเมชที่จำกัดวงทั่วไป ข) กระแสเมชที่จำกัดวงเดียวเฉพาะวง

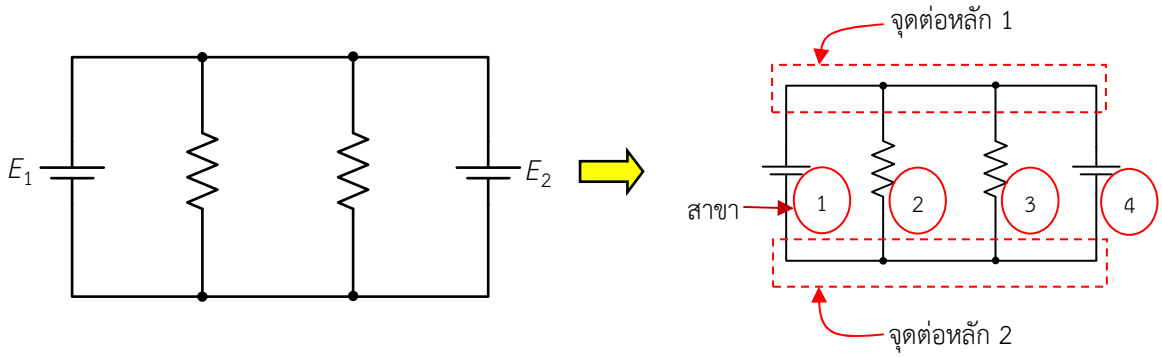
รูปที่ 10.17 การกำหนดทิศทางกระแสเมช

### 10.7.1 จำนวนสมการของกระแสเมช

การกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าเพื่อกำหนดลูปในการเขียนสมการแรงดันไฟฟ้ามีวิธีการคือจำนวนสมการของวิธีกระแสเมชเท่ากับจำนวนสาขา ลบด้วยจำนวนจุดหลักลบหนึ่ง ดังนี้

$$\boxed{\text{จำนวนสมการ} = \text{จำนวนสาขา} - (\text{จำนวนจุดต่อหลัก-1})} \qquad (10\text{-}27)$$

<u>ตัวอย่างที่ 10.10</u> จากรูป จงหาจำนวนสมการของวิธีเมช




ก) วงจรเดิม ข) จำนวนสาขาและจุดต่อ

รูปที่ 10.18 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.10

<u>วิธีทำ</u>

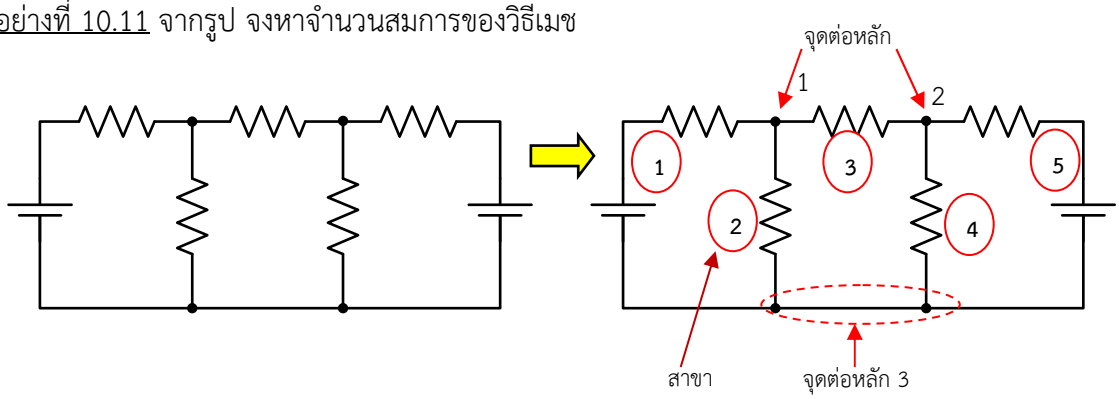
จำนวนสาขาของวงจรเท่ากับ 4 สาขา และ มีจุดต่อหลัก 2 จุด จากสมการที่ 10.27 จะได้

จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

= 4 – (2 – 1) = 3 สมการ

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

<u>ตัวอย่างที่ 10.11</u> จากรูป จงหาจำนวนสมการของวิธีเมช




ก) วงจรเดิม ข) จำนวนสาขาและจุดต่อ

รูปที่ 10.19 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.11

<u>วิธีทำ</u>

จำนวนสาขาของวงจรเท่ากับ 5 สาขา และ มีจุดต่อหลัก 3 จุด จากสมการที่ 10.27 จะได้

จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

= 5 – (3 – 1)

= 3

∴ จำนวนสมการ = 3 สมการ

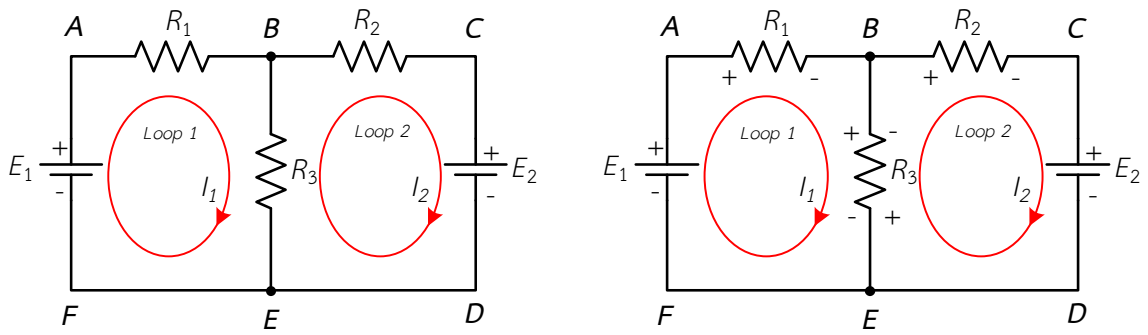
## 10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

### 10.8.1 หลักการและวิธีการของวิธีกระแสเมช

1. กำหนดทิศทางกระแสในวงปิด และชื่อกระแสไฟฟ้า จะให้ทิศทางกระแสไฟฟ้าตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 10.20 ก) กำหนดเป็น $I_1$ ในลูป *ABEF* (Loop 1) และ $I_2$ ในลูป *BCDE* (Loop 2) จำนวนกระแสเมชต้องมีเท่ากับวงลูปในวงจร

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วลบ ดังแสดงในรูปที่ 10.20 ข)

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |




ก) กำหนดทิศทางกระแสในวงปิด ข) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

รูปที่ 10.20 กำหนดทิศทางกระแสและระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า โดยในแต่ละลูปถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าแรงดันไฟฟ้าและถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบไว้หน้าแรงดันไฟฟ้า ในส่วนของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าถ้ากระแสไฟฟ้าของลูปไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายบวก และถ้าไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายลบ ดังรูปที่ 10.15 ดังนี้

ลูป 1 ; $+I_1R_1 + (I_1 - I_2)R_3 - E_1 = 0$

ลูป 2 ; $+(I_2 - I_1)R_3 + I_2R_2 + E_2 = 0$

กระแสไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่าย

กระแสไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่าย

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าทั้งสองลูปนั้น
ถ้าทิศทางกระแสไฟฟ้าจากทั้งสองลูปไหลตามกันให้เอากระแสไฟฟ้าทั้งสองบวกกัน
ถ้าทิศทางกระแสไฟฟ้าจากทั้งสองลูปไหลทิศทางสวนกันให้เอากระแสไฟฟ้าทั้งสองลบกัน
ทั้งนี้พิจารณาลูปไหนให้เอากระไฟฟ้าลูปนั้นเป็นตัวตั้งอีกลูปจะเป็นตัวบวกหรือตัวลบ

4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

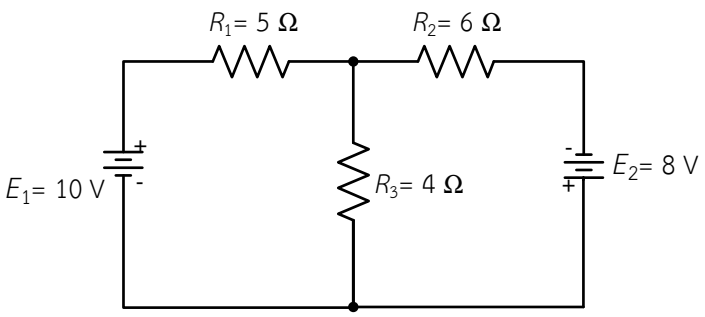
5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าการกำหนดทิศทางกระแสลูปในข้อที่ 1) จะไม่เป็นจริง ทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงจะตรงกันข้ามกับที่กำหนดไว้ และ

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวก แสดงว่าการกำหนดทิศทางกระแสลูปในข้อที่ 1) จะเป็นทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงตามที่กำหนดไว้

การเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าในแต่ละลูปของวงจรไฟฟ้าในหน่วยการนี้จะใช้วิธีของกระแสเมช การแก้สมการเชิงเส้น 2 และ 3 ตัวแปรเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้า $I_1, I_2$ และ $I_3$ จะใช้วิธีที่ 2 คือ การแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนท์

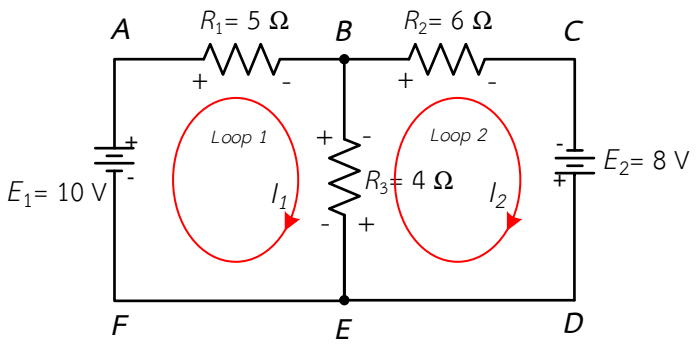
<u>ตัวอย่างที่ 10.12</u> จากวงจรในรูปที่ 10.21 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช




รูปที่ 10.21 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.12

<u>วิธีทำ</u>

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.22




รูปที่ 10.22 แสดงการตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.12

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ : $(R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2 - E_1 = 0$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

ลูป $I_2$ : $-R_3I_1 + (R_3 + R_2)I_2 - E_2 = 0$

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ :

$$(5+4)I_1 - 4I_2 - 10 = 0$$

$$9I_1 - 4I_2 - 10 = 0 \qquad (1)$$

ลูป $I_2$ :

$$-4I_1 + (4+6)I_2 - 8 = 0$$

$$-4I_1 + 10I_2 - 8 = 0 \qquad (2)$$

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ : $9I_1 - 4I_2 = 10$ (3)

ลูป $I_2$ : $-4I_1 + 10I_2 = 8$ (4)

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$\begin{bmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 10 \end{vmatrix} \\ &= (9\times10) - ((-4)\times(-4)) \\ &= 90 - 16 \\ &= 74 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{\begin{vmatrix} 10 & -4 \\ 8 & 10 \end{vmatrix}}{D} \\ &= \frac{(10\times10) - (8\times(-4))}{74} \end{aligned}$$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$= \frac{100+32}{74}$$

$$= 1.78$$

$$\therefore I_1 = 1.78\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 9 & 10 \\ -4 & 8 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(9\times 8)-((-4)\times 10)}{74}$$

$$= \frac{72+40}{74}$$

$$= 1.56$$

$$\therefore I_2 = 1.56\,\text{A}$$

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ คือ $I_1$ และกระแสที่ผ่าน $R_2$ คือ $I_2$ แต่กระแสที่ผ่านสาขา $R_3$ คือ มีทั้ง $I_1$ และ $I_2$ ดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_3$ คือ

$$I_{R3} = I_1 - I_2 \quad \text{(เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)}$$

$$= 1.78 - 1.59$$

$$= 0.22\,\text{A} \quad \text{(มีทิศทางลงตามทิศทางของ } I_1\text{)}$$

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 1.78$ A

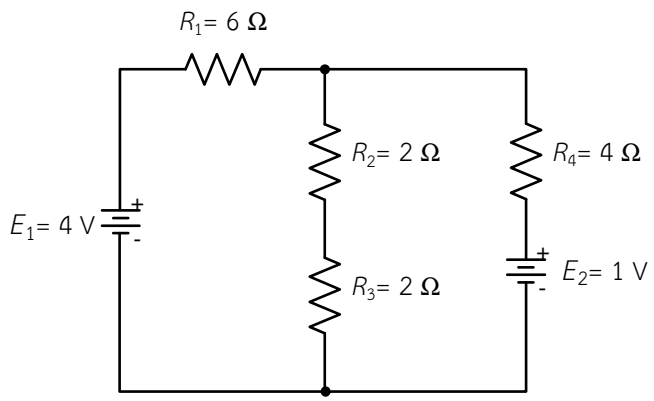
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2 = 1.56$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_1 - I_2 = 0.22$ A

กระแสไฟฟ้า $I_1$ และ $I_2$ ได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าตรงกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าลูปที่กำหนดไว้

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

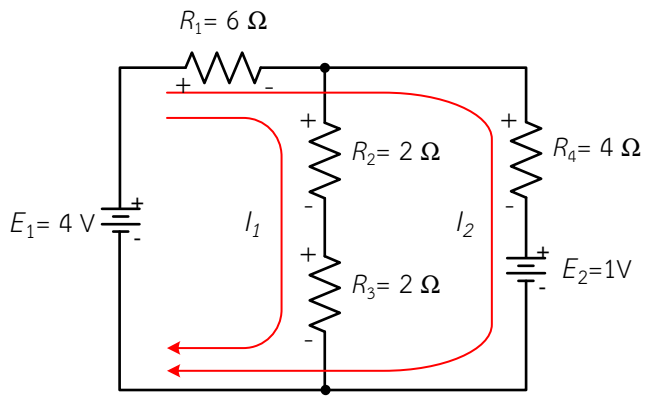
<u>ตัวอย่างที่ 10.13</u> จากวงจรในรูปที่ 10.23 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช




รูปที่ 10.23 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.13

<u>วิธีทำ</u>

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.24




รูปที่ 10.24 แสดงการตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.13

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ : $(R_1 + R_2 + R_3)I_1 + R_1 I_2 - E_1 = 0$

ลูป $I_2$ : $R_1 I_1 + (R_1 + R_4)I_2 + E_2 - E_1 = 0$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ :
$$(6+2+2)I_1 + 6I_2 - 4 = 0$$
$$10I_1 + 6I_2 - 4 = 0 \qquad (1)$$

ลูป $I_2$ :
$$6I_1 + (6+4)I_2 + 1 - 4 = 0$$
$$6I_1 + 10I_2 - 3 = 0 \qquad (2)$$

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ :
$$10I_1 + 6I_2 = 4 \qquad (3)$$

ลูป $I_2$ :
$$6I_1 + 10I_2 = 3 \qquad (4)$$

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$\begin{bmatrix} 10 & 6 \\ 6 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 10 & 6 \\ 6 & 10 \end{vmatrix} \\ &= (10\times10) - (6\times6) \\ &= 100 - 36 \\ &= 64 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{\begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 3 & 10 \end{vmatrix}}{D} \\ &= \frac{(4\times10) - (3\times6)}{64} \\ &= \frac{40-18}{20} \\ &= 0.34 \\ \therefore I_1 &= 0.34\,\text{A} \end{aligned}$$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 4 \\ 6 & 3 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(10\times3)-(6\times4)}{64}$$

$$= \frac{30-24}{64}$$

$$= 0.09$$

$$\therefore I_2 = 0.09\text{ A}$$

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ คือ $I_1 + I_2$ ดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_1$ คือ

$I_{R1} = I_1 + I_2$ (ทิศทางกระแสไหลตามนำมารวมกัน)

$= 0.34 + 0.09$

$= 0.43$ A (มีทิศทางตามกำหนด)

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 + I_2 = 0.43$ A

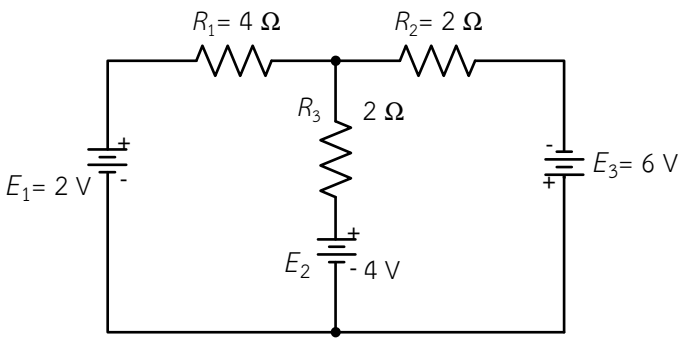
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_1 = 0.34$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_1 = 0.34$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_2 = 0.09$ A

กระแสไฟฟ้า $I_1$ และ $I_2$ ได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าตรงกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าลูปที่กำหนดไว้

<u>ตัวอย่างที่ 10.14</u> จากวงจรในรูปที่ 10.25 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

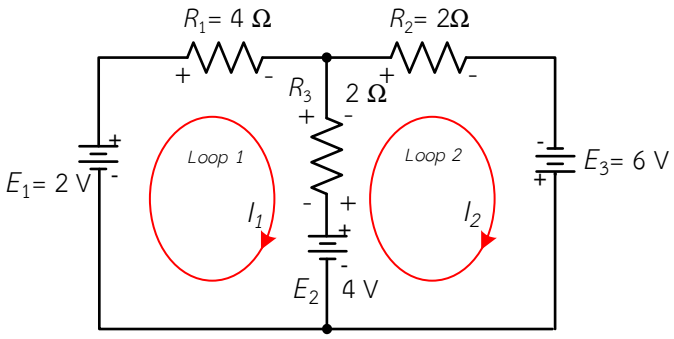



รูปที่ 10.25 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.14

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

<u>วิธีทำ</u>

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.26




รูปที่ 10.26 การตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน
ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.14

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ : $$(R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

ลูป $I_2$ : $$-R_3 I_1 + (R_3 + R_2)I_2 - E_3 - E_2 = 0$$

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ : $$(4 + 2)I_1 - 2I_2 + 4 - 2 = 0$$

$$6I_1 - 2I_2 + 2 = 0 \qquad (1)$$

ลูป $I_2$ : $$-2I_1 + (2 + 2)I_2 - 6 - 4 = 0$$

$$-2I_1 + 4I_2 - 10 = 0 \qquad (2)$$

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ : $$6I_1 - 2I_2 = -2 \qquad (3)$$

ลูป $I_2$ : $$-2I_1 + 4I_2 = 10 \qquad (4)$$

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$\begin{bmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix} \\ &= (6\times 4) - ((-2)\times(-2)) \\ &= 24 - 4 \\ &= 20 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{\begin{vmatrix} -2 & -2 \\ 10 & 4 \end{vmatrix}}{D} \\ &= \frac{((-2)\times 4) - (10\times(-2))}{20} \\ &= \frac{(-8)+20}{20} \\ &= 0.6 \\ \therefore I_1 &= 0.6\,\text{A} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_2 &= \frac{\begin{vmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 10 \end{vmatrix}}{D} \\ &= \frac{(6\times 10) - ((-2)\times(-2))}{20} \\ &= \frac{60-4}{20} \\ &= 2.8 \\ \therefore I_2 &= 2.8\,\text{A} \end{aligned}$$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ คือ $I_1$ และกระแสที่ผ่าน $R_2$ คือ $I_2$ แต่กระแสที่ผ่านสาขา $R_3$ คือ มีทั้ง $I_1$ และ $I_2$ ดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_3$ คือ

$$I_{R3} = I_2 - I_1 \quad \text{(เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)}$$

$$= 2.8 - 0.6$$

$$I_{R3} = 2.2\ \text{A} \quad \text{(มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป } I_2\text{)}$$

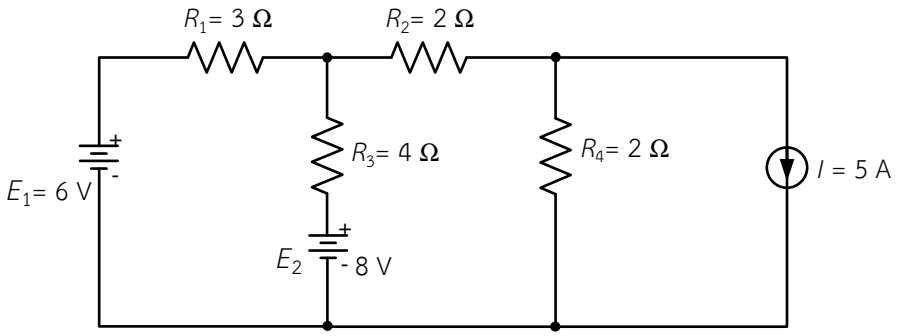
ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 0.6$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2 = 2.8$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2 - I_1 = 2.2$ A

กระแสไฟฟ้า $I_1$ และ $I_2$ ได้ค่าเป็นบวก แสดงว่าทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าตรงกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าลูปที่กำหนดไว้

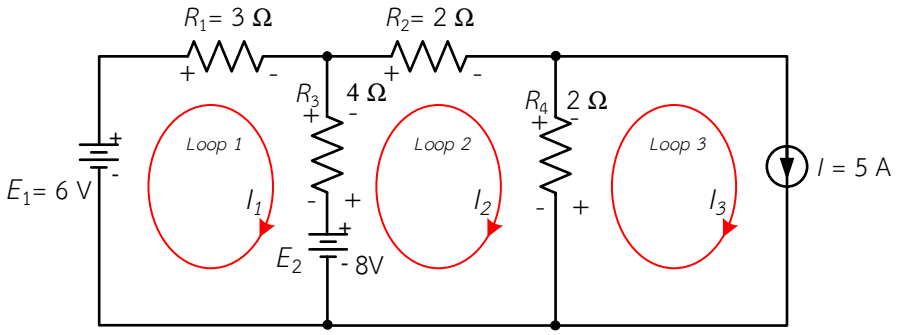
<u>ตัวอย่างที่ 10.15</u> จากวงจรในรูปที่ 10.27 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช




รูปที่ 10.27 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.15

<u>วิธีทำ</u>

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.28




รูปที่ 10.28 การตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้า

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ : $$(R_1 + R_3)I_1 - R_3I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

ลูป $I_2$ : $$-R_3I_1 + (R_3 + R_2 + R_4)I_2 - R_4I_3 - E_2 = 0$$

ลูป $I_3$ : $$I_3 = 5\text{ A}$$

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ : $$(3+4)I_1 - 4I_2 + 8 - 6 = 0$$

$$7I_1 - 4I_2 + 2 = 0 \qquad (1)$$

ลูป $I_2$ : $$-4I_1 + (4+2+2)I_2 - (2\times 5) - 8 = 0$$

$$-4I_1 + 8I_2 - 10 - 8 = 0 \qquad (2)$$

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ : $$7I_1 - 4I_2 = -2 \qquad (3)$$

ลูป $I_2$ : $$-4I_1 + 8I_2 = 18 \qquad (4)$$

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$\begin{bmatrix} 7 & -4 \\ -4 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 18 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 7 & -4 \\ -4 & 8 \end{vmatrix} \\ &= (7\times 8) - ((-4)\times(-4)) \\ &= 56 - 16 \\ &= 40 \end{aligned}$$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -2 & -4 \\ 18 & 8 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{((-2)\times 8)-(18\times(-4))}{40}$$

$$= \frac{(-16)+72}{40}$$

$$= 1.4$$

$$\therefore I_1 = 1.4\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 7 & -2 \\ -4 & 18 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(7\times 18)-((-4)\times(-2))}{40}$$

$$= \frac{126-8}{40}$$

$$= 2.95$$

$$\therefore I_2 = 2.95\,\text{A}$$

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ คือ $I_1$ และกระแสที่ผ่าน $R_2$ คือ $I_2$ แต่กระแสที่ผ่านสาขา $R_3$ มีทั้ง $I_1$ และ $I_2$ ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าสวนทิศทางกันดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_3$ คือ

$$I_{R3} = I_2 - I_1 \qquad \text{(เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)}$$

$$= 2.95 - 1.4$$

$$I_{R3} = 1.55\ \text{A} \qquad \text{(มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป } I_2\text{)}$$

กระแสที่ผ่านสาขา $R_4$ มีทั้ง $I_2$ และ $I_3$ ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าสวนทิศทางกันดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_4$ คือ

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$I_{R4} = I_3 - I_2$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 5 - 2.95$

$I_{R4} = 2.05$ A (มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป $I_3$)

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 1.4$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_1$)

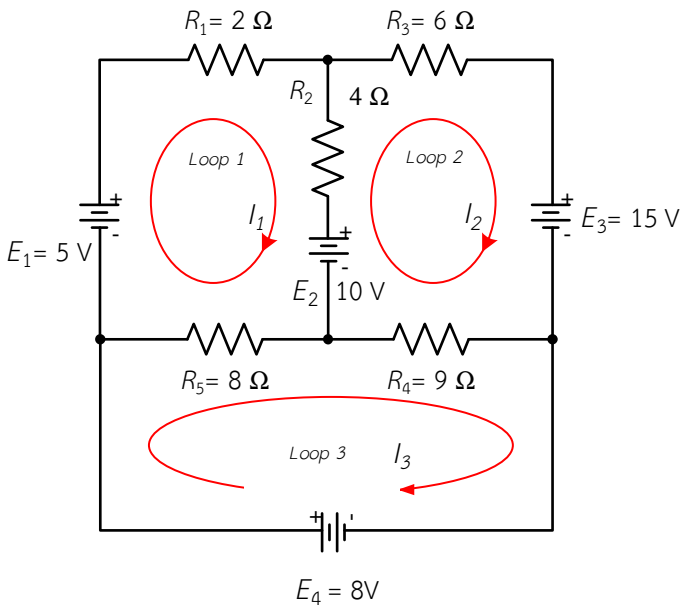
กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2 = 2.95$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_2$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2 - I_1 = 1.55$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_2$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_3 - I_2 = 2.05$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

**10.8.2 เขียนสมการลงในดีเทอร์มิแนนต์อย่างรวดเร็ว**

ปกติการกำหนดวงลูปของกระแสเมช จะคำนวณสมการได้จากสมการ (10-27) ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะเห็นว่าสมการจะเท่ากับวงลูปของกระแสเมชที่ใช้เท่ากับวงรอบย่อย ๆ ที่ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ครบทุกสาขาในวงจร มีวิธีทำดังนี้ กำหนดทิศทางของกระแสเมชในวงย่อยของวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.29




รูปที่ 10.29 จำนวนวงรอบกระแสลูปและการกำหนดทิศทางของกระแสลูปในวงจรไฟฟ้า

ต่อจากนั้นเขียนดีเทอร์มิแนนต์ใส่ค่าต่าง ๆ ลงในดีเทอร์มิแนนต์ โดยพิจารณาดังนี้

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$\begin{bmatrix} \sum R(Loop\ I_1) & \sum R(I_1,I_2) & \sum R(I_1,I_3) \\ \sum R(I_1,I_2) & \sum R(Loop\ I_2) & \sum R(I_2,I_3) \\ \sum R(I_1,I_3) & \sum R(I_2,I_3) & \sum R(Loop\ I_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum E(Loop\ I_1) \\ \sum E(Loop\ I_2) \\ \sum E(Loop\ I_3) \end{bmatrix}$$

(บุญเรือง วังศิลาบัตร, 2555, น.61-64)

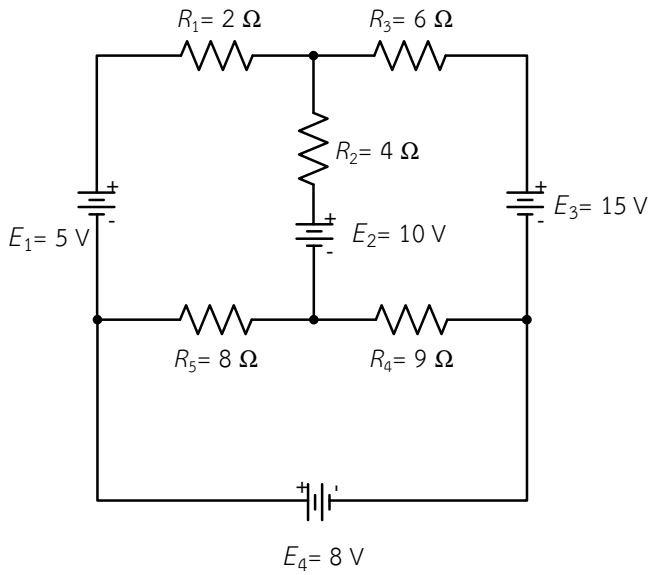
โดย $\sum R(Loop I_1)$ หมายถึง ผลรวมของความต้านทานที่วงกระแสลูป $I_1$ ไหลผ่าน

$\sum R(I_1,I_2)$ หมายถึง ผลรวมของความต้านทานที่วงกระแสลูป $I_1$ และ $I_2$ ไหลผ่านสัมพันธ์กัน ถ้าไหลสวนทางกันจะมีเครื่องหมาย (-) นำหน้า และถ้าไหลตามกันจะมีค่าเป็นบวก

$\sum R(I_1,I_3)$ หมายถึง ผลรวมของความต้านทานที่วงกระแสลูป $I_1$ และ $I_3$ ไหลผ่านสัมพันธ์กัน ถ้าไหลสวนทางกันจะมีเครื่องหมาย (-) นำหน้า และถ้าไหลตามกันจะมีค่าเป็นบวก

$\sum R(Loop I_1)$ หมายถึง ผลรวมของแหล่งจ่ายแรงดันที่วงกระแสลูป $I_1$ ไหลผ่าน ถ้าผลรวมผลลัพธ์ได้ค่าเป็นลบให้ใส่เป็นค่าบวก และถ้าผลรวมผลลัพธ์ได้ค่าเป็นบวกให้ใส่เป็นค่าลบ

<u>ตัวอย่างที่ 10.16</u> จากวงจรในรูปที่ 10.30 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมชและจงหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร

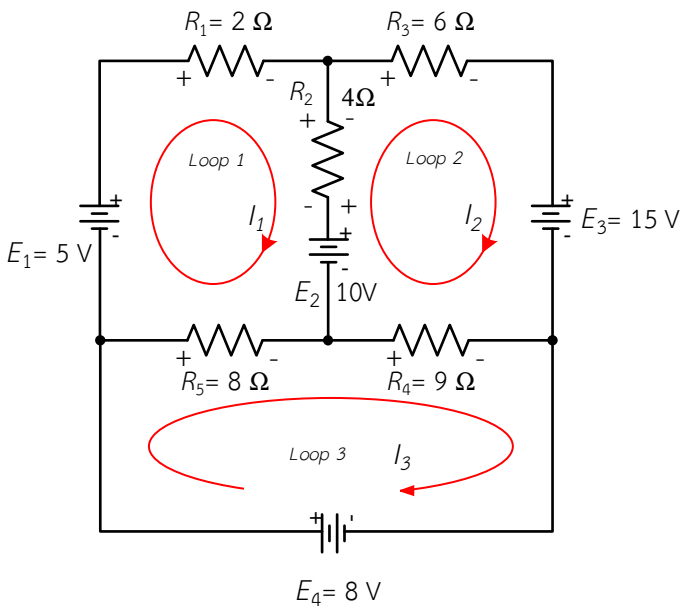



รูปที่ 10.30 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.16

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

<u>วิธีทำ</u>

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.31




รูปที่ 10.31 การตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานตามตัวอย่างที่ 10.16

$$\begin{bmatrix} (R_1+R_2+R_5) & -R_2 & -R_3 \\ -R_2 & (R_2+R_3+R_4) & -R_4 \\ -R_5 & -R_4 & R_4+R_5 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} +E_1-E_2 \\ +E_2-E_3 \\ E_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} (2+4+8) & -4 & -8 \\ -4 & (4+6+9) & -9 \\ -8 & -9 & 8+9 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 5-10 \\ 10-15 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 14 & -4 & -8 \\ -4 & 19 & -9 \\ -8 & -9 & 17 \end{bmatrix}\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} -5 \\ -5 \\ 8 \end{bmatrix}$$

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จะได้

$$D = \begin{vmatrix} 14 & -4 & -8 \\ -4 & 19 & -9 \\ -8 & -9 & 17 \end{vmatrix} \begin{matrix} 14 & -4 \\ -4 & 19 \\ -8 & -9 \end{matrix}$$

$$= \left\{ \begin{matrix} [(14\times19\times17)+((-4)\times(-9)\times(-8))+((-8)+(-4))\times(-9)] \\ -[((-8)\times19\times(-8))+((-9)\times(-9)\times14)+(17\times(-4)\times(-4))] \end{matrix} \right\}$$

$$= (4522-288-288)-(1216+1134+272)$$

$$= 3946-2622$$

$$= 1324$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -5 & -4 & -8 \\ -5 & 19 & -9 \\ 8 & -9 & 17 \end{vmatrix} \begin{matrix} -5 & -4 \\ -5 & 19 \\ 8 & -9 \end{matrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{ \begin{matrix} [((-5)\times19\times17)+((-4)\times(-9)\times8)+((-8)\times(-5)\times(-9))] \\ -[(8\times19\times(-8))+((-9)\times(-9)\times(-5))+(17\times(-5)\times(-4))] \end{matrix} \right\}}{1324}$$

$$= \frac{(-1615+288-360)-(-1216-405+340)}{1324}$$

$$= \frac{-1687+1281}{1324}$$

$$= \frac{-406}{1324}$$

$$= -0.31$$

$$\therefore I_1 = -0.31\text{A}$$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 14 & -5 & -8 \\ -4 & -5 & -9 \\ -8 & 8 & 17 \end{vmatrix} \begin{matrix} 14 & -5 \\ -4 & -5 \\ -8 & 8 \end{matrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{matrix} \left[(14\times(-5)\times17)+((-5)\times(-9)\times(-8))+((-8)+(-4))\times8\right] \\ -\left[((-8)\times(-5)\times(-8))+(8\times(-9)\times14)+(17\times(-4)\times(-5))\right] \end{matrix}\right\}}{1324}$$

$$= \frac{(-1190-360+256)-(-320-1008+340)}{1324}$$

$$= \frac{-1294+988}{1324}$$

$$= \frac{-306}{1324}$$

$$= -0.23$$

$$\therefore I_2 = -0.23\,\text{A}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 14 & -4 & -5 \\ -4 & 19 & -5 \\ -8 & -9 & 8 \end{vmatrix} \begin{matrix} 14 & -4 \\ -4 & 19 \\ -8 & -9 \end{matrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{matrix} \left[(14\times19\times8)+((-4)\times(-5)\times(-8))+((-5)+(-4))\times(-9)\right] \\ -\left[((-8)\times19\times(-5))+((-9)\times(-5)\times14)+(8\times(-4)\times(-4))\right] \end{matrix}\right\}}{1324}$$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$= \frac{(2128-160-180)-(760+630+128)}{1324}$$

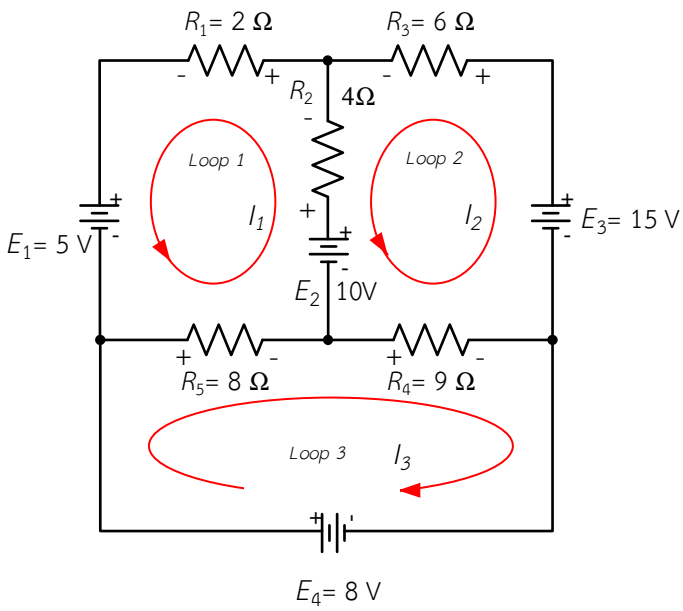
$$= \frac{1788-1518}{1324}$$

$$= \frac{270}{1324}$$

$$= 0.2$$

$$\therefore I_3 = 0.2\,\text{A}$$

ค่ากระแสไฟฟ้าที่คำนวณได้ $I_1 = -0.31\text{A}$, $I_2 = -0.23\text{A}$ และ $I_3 = 0.2\text{A}$ จะเห็นว่ามีเครื่องหมายลบที่ $I_1$ และ $I_2$ แสดงว่าทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงต้องตรงกันข้ามกัน และขั้วของแรงดันที่ตัวต้านทานก็จะต้องเปลี่ยนไปตามกระแสไฟฟ้าดังแสดงในรูปที่ 10.32




รูปที่ 10.32 ทิศทางกระแสไฟฟ้าจริง และขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้า

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ คือ $I_1$ และกระแสที่ผ่าน $R_3$ คือ $I_2$ แต่กระแสที่ผ่านสาขา $R_2$ มีทั้ง $I_1$ และ $I_2$ ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าสวนทิศทางกันดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_2$ คือ

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$I_{R2} = I_1 - I_2$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 0.31 - 0.23$

$I_{R2} = 0.08$ A (มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป $I_1$)

กระแสที่ผ่านสาขา $R_4$ มีทั้ง $I_2$ และ $I_3$ ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไปในทิศทางเดี่ยวกัน ดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_4$ คือ

$I_{R4} = I_3 + I_2$

$= 0.2 + 0.23$

$I_{R4} = 0.43$ A (มีทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

กระแสที่ผ่านสาขา $R_5$ มีทั้ง $I_1$ และ $I_3$ ซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าไปในทิศทางเดี่ยวกัน ดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_5$ คือ

$I_{R5} = I_3 + I_1$

$= 0.2 + 0.31$

$I_{R5} = 0.51$ A (มีทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 0.31$ A (ทิศทางตรงกันข้ามตามกำหนดลูป $I_1$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_1 - I_2 = 0.23$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_1$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2 = 0.08$ A (ทิศทางตรงกันข้ามตามกำหนดลูป $I_2$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_3 + I_2 = 0.43$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_5 = I_3 + I_1 = 0.51$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร

$V_{R1} = I_{R1} \times R_1$

$= 0.31\text{A} \times 2\Omega$

$= 0.62\text{V}$

$V_{R2} = I_{R2} \times R_2$

$= 0.23\text{A} \times 4\Omega$

$= 0.92\text{V}$

| | ใบเนื้อหา | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$V_{R3} = I_{R3} \times R_3$$
$$= 0.08\,\text{A} \times 6\,\Omega$$
$$= 0.48\,\text{V}$$
$$V_{R4} = I_{R4} \times R_4$$
$$= 0.43\,\text{A} \times 9\,\Omega$$
$$= 3.87\,\text{V}$$
$$V_{R5} = I_{R5} \times R_5$$
$$= 0.51\,\text{A} \times 8\,\Omega$$
$$= 4.08\,\text{V}$$

**สรุป**

วิธีกระแสเมชซึ่งทำได้สะดวกและรวดเร็ว เป็นการสมมุติกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปิด มีลักษณะกระแสไฟฟ้าเป็นวงลูปจะมีทิศทางตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ มีขั้นตอนนำไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าดังนี้

1. สมมุติทิศทางกระแสไฟฟ้าในวงปิด

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วลบ

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า โดยในแต่ละลูปถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าแรงดันไฟฟ้าและถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบไว้ หน้าแรงดันไฟฟ้า ในส่วนของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าถ้ากระแสไฟฟ้าของลูปไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายบวก และถ้าไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมาย

4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า ด้วยวิธีการกำจัดตัวแปรหรือวิธีดีเทอร์มิแนนต์

| | ใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

**คำสั่ง จงตอบคำถามและแสดงวิธีทำให้สมบูรณ์ถูกต้อง (60 นาที)**

**ตอนที่ 1** จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. ความหมายของวิธีกระแสเมช คือ (5 คะแนน)

.....

.....

.....

2. ขั้นตอนในการนำวิธีกระแสเมชมาใช้ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าทำอย่างไร (5 คะแนน)

.....

.....

.....

.....

.....

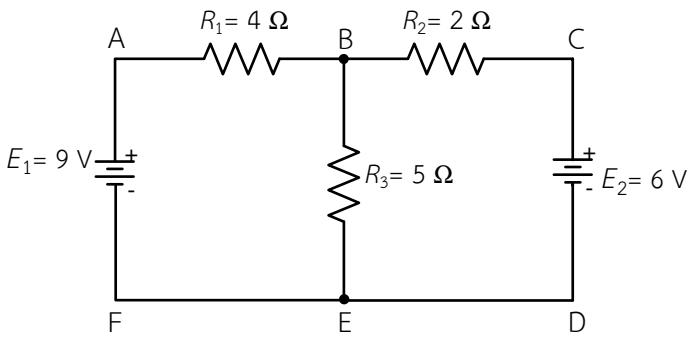
.....

**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำ

1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.33 จงหาต่อไปนี้ (15 คะแนน)

ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

ข. นำค่าที่ได้จากข้อ ก) เปรียบเทียบกับการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในแบบฝึกหัดข้อที่ 3 หน่วยที่ 9 (สัปดาห์ที่ 10) ว่ามีข้อแตกต่างในการคำนวณอย่างไร และมีค่าเท่ากันหรือไม่



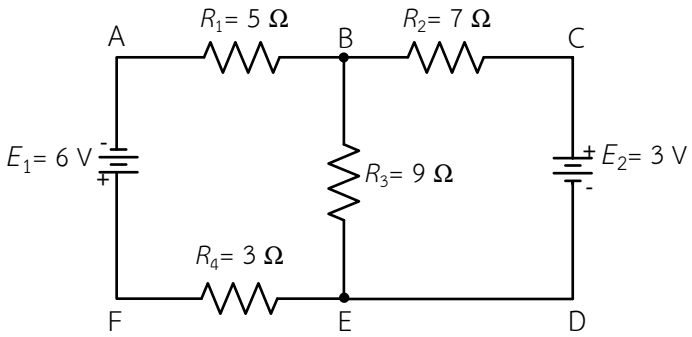

รูปที่ 10.33 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

| | ใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.34 จงหาต่อไปนี้ (15 คะแนน)

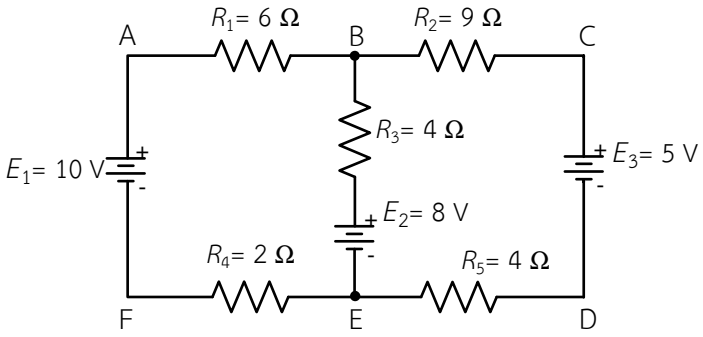
ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

ข. นำค่าที่ได้จากข้อ ก) เปรียบเทียบกับการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในแบบฝึกหัดข้อที่ 4 หน่วยที่ 9 (สัปดาห์ที่ 10) ว่ามีข้อแตกต่างในการคำนวณอย่างไร และมีค่าเท่ากันหรือไม่




รูปที่ 10.34 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

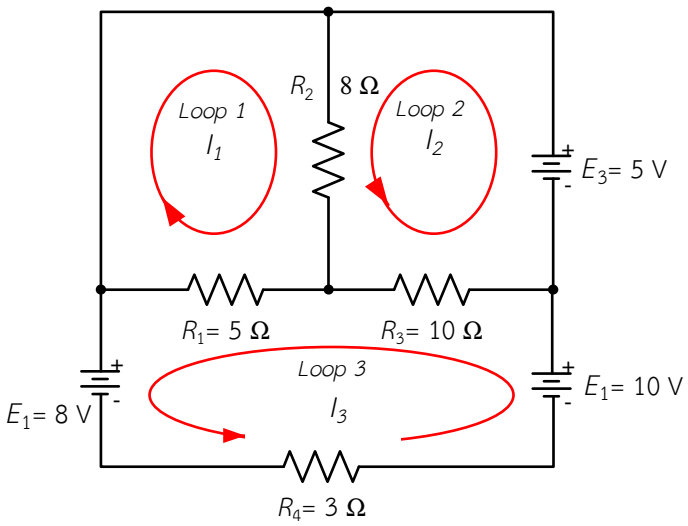
3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.35 จงหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช (10 คะแนน)




รูปที่ 10.35 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.36 จงหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช และหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร (10 คะแนน)

| | ใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |




รูปที่ 10.36 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

| | ใบประเมินผลแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

| รายการประเมินผล | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| **ตอนที่ 1** | | | |
| แบบฝึกหัดข้อที่ 1. | 5 | | |
| แบบฝึกหัดข้อที่ 2. | 5 | | |
| **ตอนที่ 2** | | | |
| แบบฝึกหัดข้อที่ 1. | 15 | | |
| แบบฝึกหัดข้อที่ 2. | 15 | | |
| แบบฝึกหัดข้อที่ 3. | 10 | | |
| แบบฝึกหัดข้อที่ 4. | 10 | | |
| **รวมคะแนน** | 60 | | |
| **คะแนนจริง** | 10 | | |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

**คำสั่ง** จงต่อวงจร วัดค่าความต้านทานไฟฟ้า ค่าแรงดันไฟฟ้า และกระแสไฟฟ้าในวงจรตามทฤษฎีวิธีกระแสเมชโดยใช้มัลติมิเตอร์

## จุดประสงค์การเรียนการสอน

### 1. จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้มีทักษะและเจตคติที่ดีต่อการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีวิธีกระแสเมช

### 2. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

เมื่อผู้เรียนปฏิบัติ เรื่องวิธีกระแสเมชจบแล้ว ผู้เรียนสามารถ

2.1 ต่อวงจรไฟฟ้าการทดลองวิธีกระแสเมชได้ถูกต้อง

2.2 วัดหาค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าการทดลองวิธีกระแสเมชได้ถูกต้อง

2.3 คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าการทดลองวิธีกระแสเมชได้ถูกต้อง

2.4 ทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มอย่างมีกิจนิสัยในการปฏิบัติงานที่ดีได้

### 3. เจตคติ คุณธรรม ค่านิยมอันพึงประสงค์

3.1 ความรับผิดชอบ

3.2 ความมีวินัย

3.3 การตรงต่อเวลา

3.4 ความมีมนุษย์สัมพันธ์

3.5 ความรู้ทักษะและวิชาชีพ

3.6 ความสนใจใฝ่หาความรู้

3.7 ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ

3.8 ทำตามลำดับขั้น

3.9 ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด

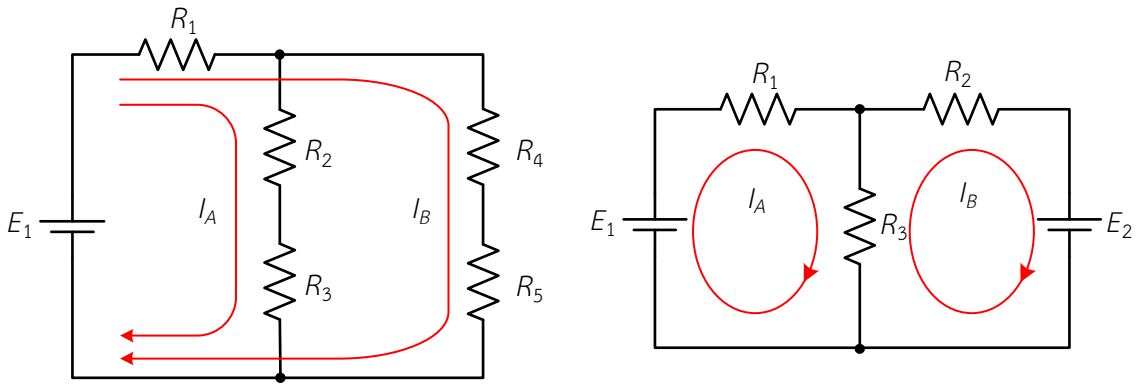
3.10 การมีส่วนร่วม

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

## เนื้อหาสาระ

### 1. แนวคิดของวิธีกระแสเมช

การนำวิธีกระแสเมช (Mesh Current Method) หรือกระแสลูป [Mesh (Loop)] มาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีหลายแหล่งจ่าย โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กับทุกลูปที่มีการกำหนดกระแสไฟฟ้า ดังนั้นการคำนวณขั้วแรงดันไฟฟ้า และทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ในรูปแบบของกระแสเมชดังแสดงดังรูป




ก) กระแสเมชที่จำกัดวงทั่วไป ข) กระแสเมชที่จำกัดวงเดียวเฉพาะวง

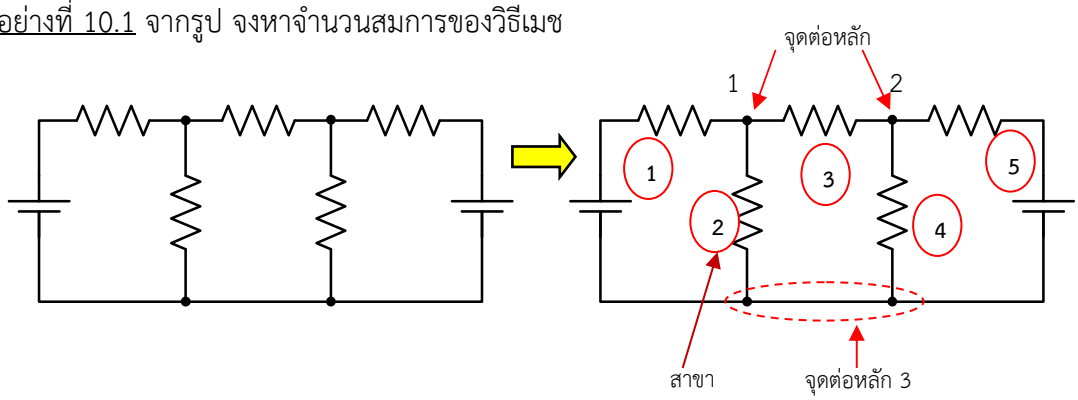
รูปที่ 10.1 การกำหนดทิศทางกระแสเมช

#### 1.1 จำนวนสมการของกระแสเมช

การกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าเพื่อกำหนดลูปในการเขียนสมการแรงดันไฟฟ้ามีวิธีการคือจำนวนสมการของวิธีกระแสเมชเท่ากับจำนวนสาขา ลบด้วยจำนวนจุดหลักลบหนึ่ง ดังนี้

| จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก –1) |
|---|

<u>ตัวอย่างที่ 10.1</u> จากรูป จงหาจำนวนสมการของวิธีเมช




ก) วงจรเดิม ข) จำนวนสาขาและจุดต่อ

รูปที่ 10.2 วงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.1

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

<u>วิธีทำ</u>

จำนวนสาขาของวงจรเท่ากับ 5 สาขา และ มีจุดต่อหลัก 3 จุด จากสมการที่ 10.27 จะได้

จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

= 5 – (3 – 1)

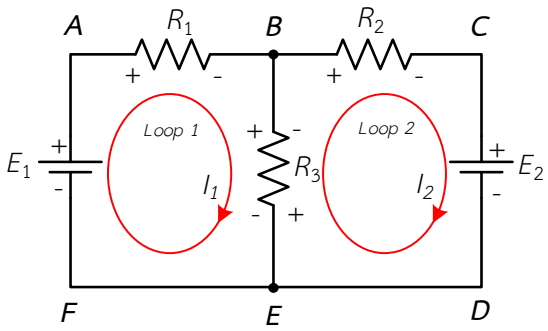
= 3

∴ จำนวนสมการ = 3 สมการ

## 1.2 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

1. กำหนดทิศทางกระแสในวงปิด และชื่อกระแสไฟฟ้า จะให้ทิศทางกระแสไฟฟ้าตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ ดังแสดงในรูปที่ 10.3 กำหนดเป็น $I_1$ ในลูป *ABEF* (Loop 1) และ $I_2$ ในลูป *BCDE* (Loop 2) จำนวนกระแสเมชต้องมีเท่ากับวงลูปในวงจร

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วลบ ดังแสดงในรูปที่ 10.3




รูปที่ 10.3 กำหนดทิศทางกระแสและระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า โดยในแต่ละลูปถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าแรงดันไฟฟ้าและถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบไว้หน้าแรงดันไฟฟ้า ในส่วนของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าถ้ากระแสไฟฟ้าของลูปไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายบวก และถ้าไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายลบ ดังรูปที่ 10.15 ดังนี้

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

ลูป 1 ; $+I_1R_1 + (I_1 - I_2)R_3 - E_1 = 0$

กระแสไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่าย

ลูป 2 ; $+(I_2 - I_1)R_3 + I_2R_2 + E_2 = 0$

กระแสไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่าย

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าทั้งสองลูปนั้น
ถ้าทิศทางกระแสไฟฟ้าจากทั้งสองลูปไหลตามกันให้เอากระแสไฟฟ้าทั้งสองบวกกัน
ถ้าทิศทางกระแสไฟฟ้าจากทั้งสองลูปไหลทิศทางสวนกันให้เอากระแสไฟฟ้าทั้งสองลบกัน
ทั้งนี้พิจารณาลูปไหนให้เอากระไฟฟ้าลูปนั้นเป็นตัวตั้งอีกลูปจะเป็นตัวบวกหรือตัวลบ

4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าการกำหนดทิศทางกระแสลูปในข้อที่ 1) จะไม่เป็นจริง ทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงจะตรงกันข้ามกับที่กำหนดไว้ และถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวก แสดงว่าการกำหนดทิศทางกระแสลูปในข้อที่ 1) จะเป็นทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงตามที่กำหนดไว้

การเขียนสมการแรงดันไฟฟ้าในแต่ละลูปของวงจรไฟฟ้าในหน่วยการนี้จะใช้วิธีของกระแสเมช การแก้สมการเชิงเส้น 2 และ 3 ตัวแปรเพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้า $I_1, I_2$ และ $I_3$ จะใช้วิธีที่ 2 คือ การแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนต์

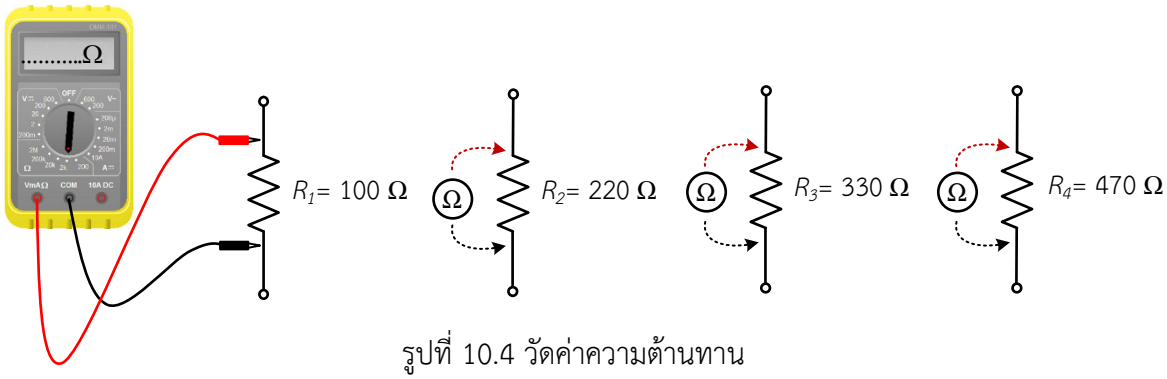
## เครื่องมือ วัสดุและอุปกรณ์

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1. มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล | จำนวน | 3 | เครื่อง |
| 2. แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงปรับค่าได้ 0 – 30 V | จำนวน | 2 | เครื่อง |
| 3. แผงประกอบวงจร | จำนวน | 1 | แผง |
| 4. ตัวต้านทาน 100 Ω ขนาด 5 W | จำนวน | 1 | ตัว |
| 5. ตัวต้านทาน 220 Ω ขนาด 5 W | จำนวน | 1 | ตัว |
| 6. ตัวต้านทาน 330 Ω ขนาด 5 W | จำนวน | 1 | ตัว |
| 7. ตัวต้านทาน 470 Ω ขนาด 5 W | จำนวน | 1 | ตัว |
| 8. สายปากคีบ | จำนวน | 12 | เส้น |

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

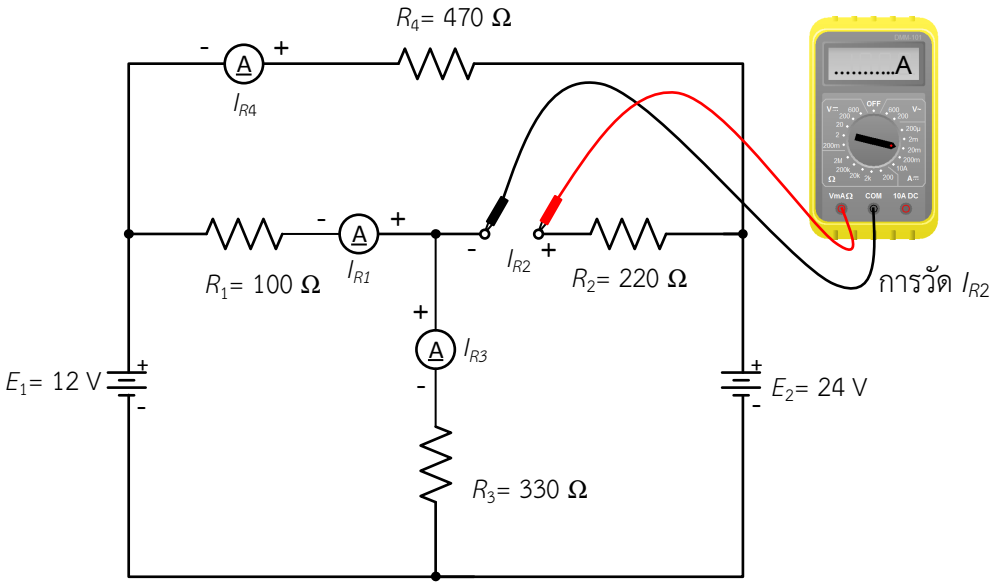
## ลำดับขั้นการทดลอง

1. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล ปรับเลือกการวัดให้เป็นโอห์มมิเตอร์ วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัวตามรูปที่ 10.4 บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1




รูปที่ 10.4 วัดค่าความต้านทาน

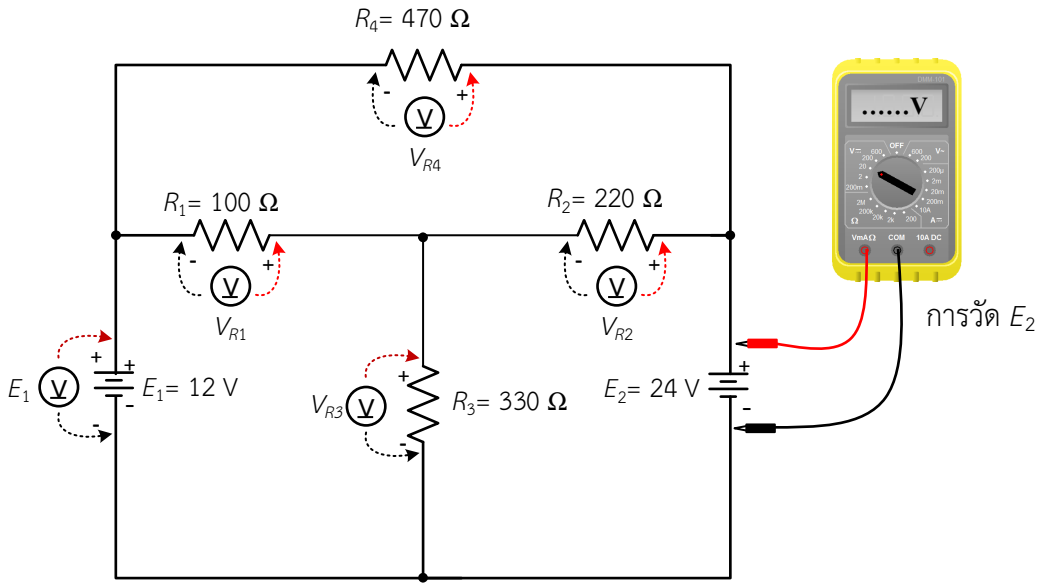
2. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 10.5 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E_1$ = 12 V และ $E_2$ = 24 V เปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน $R_1$, $R_2$, $R_3$ และ $R_4$ บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1 ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลังการทดลอง




รูปที่ 10.5 วัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว

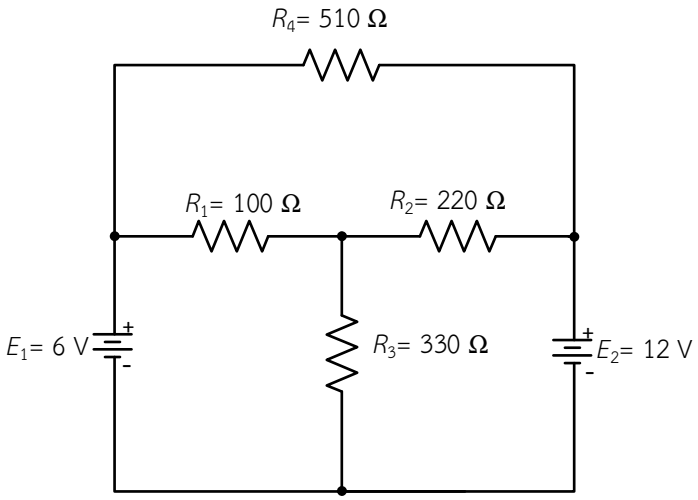
| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 10.6 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E_1$ = 12 V และ $E_2$ = 24 V เปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย $E_1$ และ $E_2$ และวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว คือ $V_{R1}$, $V_{R2}$, $V_{R3}$ และ $V_{R4}$ บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลังการทดลอง




รูปที่ 10.6 วัดค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว

4. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ด้วยวิธีกระแสเมชดังรูปที่ 10.7 นำค่าที่ได้บันทึกในตารางที่ 10.1

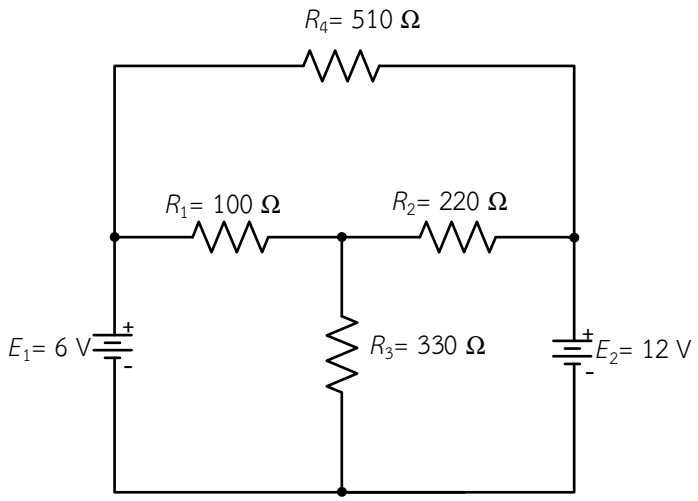



รูปที่ 10.7 วงจรไฟฟ้าใช้ในการทดลองข้อที่ 4

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

**<u>วิธีทำ</u>**

จงเขียนชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าลงในรูปที่ให้มา




เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ :.....

แทนค่าในสมการจะได้

.....

.....

เขียนสมการใหม่ดังนี้..... (1)

ลูป $I_2$ :.....

แทนค่าในสมการจะได้

.....

.....

เขียนสมการใหม่ดังนี้..... (2)

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

ลูป $I_3$ :.....

แทนค่าในสมการจะได้

.....

.....

เขียนสมการใหม่ดังนี้..... (3)

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (1),(2) และ (3) จะได้

$$\begin{bmatrix} \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \ldots\ldots \\ \ldots\ldots \\ \ldots\ldots \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \end{vmatrix} \begin{matrix} \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \end{matrix}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix} \begin{matrix} \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots \end{matrix}}{D}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots & \cdots \end{vmatrix} \begin{matrix} \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots \\ \cdots & \cdots \end{matrix}}{D}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots\ldots \end{vmatrix} \begin{matrix} \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots \end{matrix}}{D}$$

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ = ..... A (ทิศทาง.....)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2$ = ..... A (ทิศทาง.....)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3$ = ..... A (ทิศทาง.....)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4$ = ..... A (ทิศทาง.....)

หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร

$V_{R1}$ = ..... V

$V_{R2}$ = ..... V

$V_{R3}$ = ..... V

$V_{R4}$ = ..... V

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

**ตารางที่ 10.1** ตารางบันทึกผลการทดลองวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

| ผลการทดลองจาก | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R_4$ | - | - | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| การวัด | | | | | - | - | Ω |
| ผลการทดลองจาก | $I_{R1}$ | $I_{R2}$ | $I_{R3}$ | $I_{R4}$ | - | - | หน่วย |
| การวัด | | | | | - | - | mA |
| การคำนวณ | | | | | - | - | mA |
| ผลการทดลองจาก | $V_{R1}$ | $V_{R2}$ | $V_{R3}$ | $V_{R4}$ | $E_1$ | $E_2$ | หน่วย |
| การวัด | | | | | | | V |
| การคำนวณ | | | | | - | - | V |

**ข้อควรระวัง**

1. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า ต้องใช้ย่านวัดให้ถูกต้องและเหมาะสมกับค่าที่ต้องการวัด

2. การใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลวัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า ต้องต่อสายให้ถูกขั้ว มิฉะนั้นมัลติมิเตอร์แบบดิจิตอลอาจเสียหาย และจะให้ค่าที่มีผลเป็นค่าลบได้

3. ในการวัดทุกครั้ง ไม่ควรสัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะของสายวัด เพราะจะทำให้ค่าที่วัดได้คลาดเคลื่อนสูง

4. ขณะทำการประกอบวงจรหรือเปลี่ยนจุดทดลองควรปิดแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงทุกครั้งเพื่อป้องกันไฟฟ้าลัดวงจร

**สรุปผลการทดลอง**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**คำถามท้ายการทดลอง**

1. กระแสเมช $I_1$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ ที่ได้จากการทดลองจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

2. กระแสเมช $I_2$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2$ ที่ได้จากการทดลองจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

3. กระแสเมช $I_3$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3$ ที่ได้จากการทดลองจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

.....

| | ใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

## ใบตรวจสภาพเครื่องมือ

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

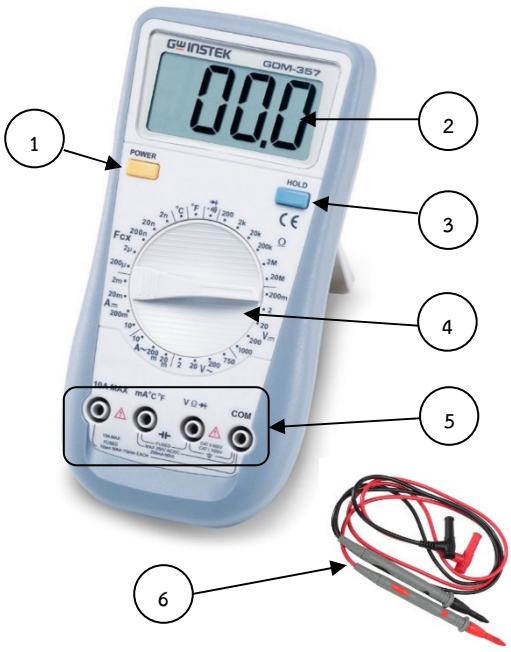
**ข้อมูลมัลติมิเตอร์** ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง

ยี่ห้อ.....รุ่น.....

| ตำแหน่ง | รายการตรวจสภาพ | สภาพก่อนใช้งาน | | สภาพหลังใช้งาน | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ดี | เสีย | ดี | เสีย |
| 1 | สวิตช์เปิดปิดเครื่อง | | | | |
| 2 | จอแสดงผล | | | | |
| 3 | ปุ่มล็อคค่า | | | | |
| 4 | สวิตช์เลือกย่านวัด | | | | |
| 5 | ขั้วเสียบสายวัด | | | | |
| 6 | สายวัด | | | | |

**สรุปการตรวจสภาพมัลติมิเตอร์** ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้

**รูปภาพดิจิตอลมัลติมิเตอร์**



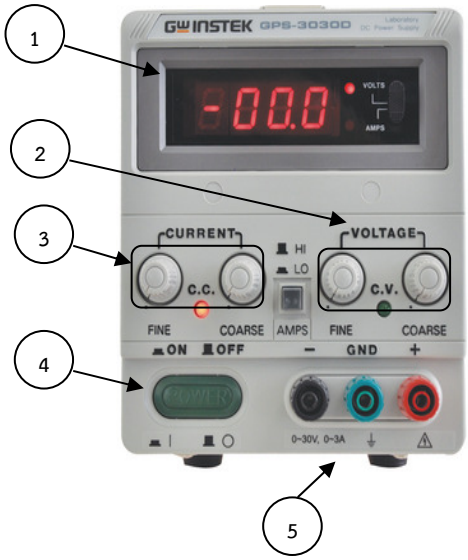

**ข้อมูลแหล่งจ่ายไฟ DC** ☐ ใช้ทดลอง ☐ ไม่ใช้ในการทดลอง

ยี่ห้อ.....รุ่น.....

| ตำแหน่ง | รายการตรวจสภาพ | สภาพก่อนใช้งาน | | สภาพหลังใช้งาน | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | ดี | เสีย | ดี | เสีย |
| 1 | จอแสดงผล | | | | |
| 2 | ชุดปุ่มปรับแรงดัน | | | | |
| 3 | ชุดปุ่มปรับกระแส | | | | |
| 4 | สวิตช์เปิดปิดเครื่อง | | | | |
| 5 | ขั้ว บวก กราวด์ ลบ | | | | |

**สรุปการตรวจสภาพแหล่งจ่ายไฟ** ☐ ใช้งานได้ ☐ ใช้งานไม่ได้

**รูปภาพแหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (DC)**



| | ใบประเมินผลใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **คะแนนเต็ม** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | 90 คะแนน |

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

| รายการประเมินผล | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | หมายเหตุ |
|---|---|---|---|
| 1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ | 5 | | |
| 2. วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทาน | 5 | | |
| 3. วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว | 20 | | |
| 4. วัดแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว | 15 | | |
| 5. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ด้วยวิธีกระแสเมช | 15 | | |
| 6. สรุปผลการทดลอง | 10 | | |
| 7. ตอบคำถามท้ายการทดลอง | 15 | | |
| 8. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ | 5 | | |
| | | | |
| รวมคะแนน | **90** | | |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

| | | |
|---|---|---|
| | **เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **คะแนนเต็ม** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | 90 คะแนน |

**รายการประเมินผล**

**1. การเตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน**

เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน

**2. ใช้มัลติมิเตอร์แบบดิจิตอล วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว และต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 10.4 วัดค่าความต้านทานรวม บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1 คะแนนเต็ม 5 คะแนน**

วัดค่าความต้านทานของตัวต้านทานแต่ละตัว และต่อวงจรไฟฟ้าตามรูปที่ 10.4 วัดค่าความต้านทานรวม บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1 ถูกต้องให้ 5 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 1 คะแนน

**3. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 10.5 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E_1$ = 12 V และ $E_2$ = 24 V เปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน $R_1$, $R_2$, $R_3$ และ $R_4$ บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1 ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลังการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน**

ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 10.5 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E_1$ = 12 V และ $E_2$ = 24 V เปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร วัดกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน $R_1$, $R_2$, $R_3$ และ $R_4$ บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1 ปิดสวิตช์

แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลังการทดลอง ถูกต้องให้ 20 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 5 คะแนน

**4. ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 10.6 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E_1$ = 12 V และ $E_2$ = 24 V เปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย $E_1$ และ $E_2$ และวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว คือ $V_{R1}$, $V_{R2}$, $V_{R3}$ และ $V_{R4}$ บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลังการทดลอง คะแนนเต็ม 15 คะแนน**

ต่อวงจรการทดลองตามรูปที่ 10.6 ตรวจสอบความถูกต้องของวงจรไฟฟ้า ปรับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงให้ $E_1$ = 12 V และ $E_2$ = 24 V เปิดสวิตช์จ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับวงจร วัดแรงดันที่แหล่งจ่าย $E_1$ และ $E_2$ และวัดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว คือ $V_{R1}$, $V_{R2}$, $V_{R3}$ และ $V_{R4}$ บันทึกค่าลงในตารางที่ 10.1ปิดสวิตช์แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงหลังการทดลองถูกต้องให้ 15 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนนจุดละ 2.5 คะแนน

**5. คำนวณแรงดันไฟฟ้า กระแสไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า ตามกำหนดในตารางที่ 5.1 นำค่าที่ได้บันทึกค่าลงในตารางที่ 5.1 คะแนนเต็ม 15 คะแนน**

คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่

| | เกณฑ์การประเมินผลใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **คะแนนเต็ม** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | 90 คะแนน |

ละตัว ด้วยวิธีกระแสเมชดังรูปที่ 10.7 นำค่าที่ได้บันทึกในตารางที่ 10.1 ถูกต้องให้ 15 คะแนน ไม่ถูกต้อง ตัดคะแนน จุดละ 1.5 คะแนน

**6. สรุปผลการทดลอง คะแนนเต็ม 10 คะแนน**

สรุปผลการทดลองครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมให้ 10 คะแนน ไม่ครบทุกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ตัดคะแนนข้อละ 3 คะแนน

**7. ตอบคำถามท้ายการทดลอง คะแนนเต็ม 15 คะแนน**

ตอบคำถามท้ายการทดลองถูกทุกข้อให้ 15 คะแนน ผิด ตัดคะแนนข้อละ 5 คะแนน

**8. การเก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ คะแนนเต็ม 5 คะแนน**

เก็บเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ ครบตามที่กำหนดให้ 5 คะแนน ไม่ครบ ตัดคะแนนชิ้นละ 1 คะแนน

| | แบบทดสอบหลังเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

**คำชี้แจง**

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

.....

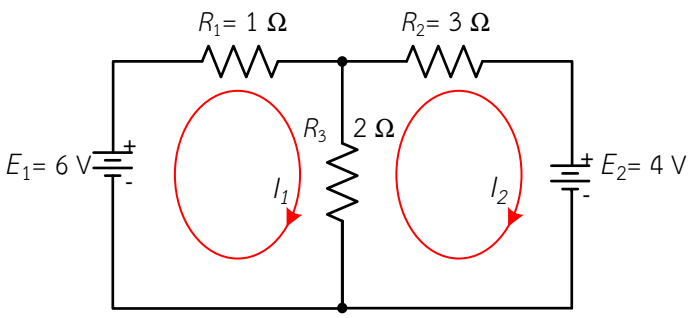
**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 6. บอกวิธีการคิดของวิธีกระแสเมชได้

1. ข้อใดถูกต้องที่สุดที่กล่าวถึงวิธีเมช
   ก. วิธีแก้ปัญหาวงจรหลายแหล่งจ่ายโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรปิด
   ข. วิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยกำหนดกระแสไฟฟ้าเป็นอิสระต่อกันไหลในแต่ละวงจรปิด
   ค. วิธีการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าและทิศทางกระแสไฟฟ้าในระบบวงจรปิด
   ง. วิธีการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยให้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวแปรและหาค่าตัวแปรนั้นด้วนกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 6. บอกวิธีการคิดของวิธีกระแสเมชได้

2. จำนวนสมการของวิธีกระแสเมชเมชคือข้อใด
   ก. จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนสาขาหลัก – 1)
   ข. จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)
   ค. จำนวนสมการ = จำนวนจุดต่อหลัก – (จำนวนสาขา – 1)
   ง. จำนวนสมการ = จำนวนจุดต่อหลัก – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

จากวงจรในรูปที่ 1 ใช้ตอบคำถามข้อ 3-6




รูปที่ 1 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 3-6

| | แบบทดสอบหลังเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 6. บอกวิธีการคิดของวิธีกระแสเมชได้

3. ข้อใดคือจำนวนสมการของวิธีกระแสเมช

ก. จำนวนสมการ = 5 – (2 – 1)

ข. จำนวนสมการ = 5 – (4 – 1)

ค. จำนวนสมการ = 3 – (2 – 1)

ง. จำนวนสมการ = 3 – (4 – 1)

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 6. บอกวิธีการคิดของวิธีกระแสเมชได้

4. ข้อใดถูกต้องที่สุดที่กล่าวถึงวิธีการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

ก. 1) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิด 2) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 3) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตามทิศกระแสไฟฟ้าที่กำหนด 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

ข. 1) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิด 2) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้าตามทิศกระแสไฟฟ้าที่กำหนด 3) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

ค. 1) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 2) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิดตามขั้วแรงดันไฟฟ้า 3) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้า 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

ง. 1) ตั้งสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้ KVL 2) ระบุขั้วแรงดันไฟฟ้า 3) กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละวงจรปิดตามขั้วแรงดันไฟฟ้า 4) แทนค่าในสมการและแก้สมการ

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 7. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

5 จากรูปเขียนสมการเมชของวงจรในลูป $I_1$ ได้ตามข้อใด

ก. $(R_1 + R_3)I_1 - R_2 I_2 = E_1$

ข. $-(R_1 + R_3)I_1 - R_2 I_2 = E_1$

ค. $-(R_1 + R_3)I_1 + R_2 I_2 = -E_1$

ง. $(R_1 + R_3)I_1 + R_2 I_2 = -E_1$

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 7. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

6. จากรูปเขียนแทนค่าในสมการเมชของวงจรในลูป $I_2$ ได้ตามข้อใด

ก. $2I_1 - 2I_2 = -4$

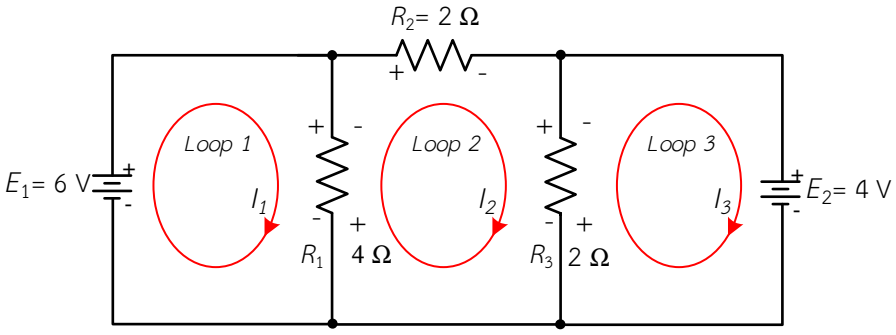
ข. $-2I_1 + 5I_2 = -4$

ค. $2I_1 - 5I_2 = 4$

ง. $-2I_1 + 5I_2 = 4$

| | แบบทดสอบหลังเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

จากวงจรในรูปที่ 2 ใช้ตอบคำถามข้อ 7-10




รูปที่ 2 สำหรับตอบคำถามข้อที่ 7-10

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 7. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

7. กำหนดกระแสเมชดังรูป สมการเมชในลูป $I_1$ ได้ตามข้อใด

ก. $4I_1 + 4I_2 = 6$

ข. $4I_1 - 4I_2 = -6$

ค. $4I_1 - 4I_2 = 6$

ง. $4I_1 + 4I_2 = -6$

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 7. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

8. กำหนดกระแสเมชดังรูป สมการเมชในลูป $I_2$ ได้ตามข้อใด

ก. $-4I_1 + 8I_2 - 2I_3 = 0$

ข. $-4I_1 + 8I_2 + 2I_3 = 0$

ค. $+4I_1 + 8I_2 - 2I_3 = 0$

ง. $4I_1 + 8I_2 - 2I_3 = 0$

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 8. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

9. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านต้านทาน $R_1$ คือข้อใด

ก. 2.5 A

ข. 1.5 A

ค. 1 A

ง. –1 A

| | แบบทดสอบหลังเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

**วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่** 8. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

10. กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านต้านทาน $R_2$ คือข้อใด

ก. 2.5 A

ข. 1.5 A

ค. 1 A

ง. −1 A

| | แบบทดสอบหลังเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | |

**กระดาษคำตอบแบบทดสอบหลังเรียน**

**คำสั่ง จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) เลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว ลงในช่องของกระดาษคำตอบ**

ชื่อ – สกุล ..... เลขที่ ..... ชั้น .....

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

**สรุปผล**

| | |
|---|---|
| เต็ม | 10 |
| ทำแบบทดสอบได้ | |
| คะแนนเก็บ 5 คะแนนได้ | |

**เกณฑ์การประเมิน**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ทำแบบทดสอบได้ | 5 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | ดีมาก |
| ทำแบบทดสอบได้ | 3.5 – 4.5 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | ดี |
| ทำแบบทดสอบได้ | 2 – 3 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | พอใช้ |
| ทำแบบทดสอบได้ | 0 – 1.5 | คะแนน | ระดับคุณภาพ | ปรับปรุง |

| | ใบประเมินผลคุณธรรม จริยธรรม | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 12-13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | **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. ความมีมนุษย์สัมพันธ์ : มีน้ำใจช่วยเหลือผู้อื่น | 3 | | | | |
| 5. ความรู้ทักษะและวิชาชีพ : ปฏิบัติงานได้ | 3 | | | | |
| 6. ความสนใจใฝ่หาความรู้ : ขยันและสนใจในการเรียน | 3 | | | | |
| 7. ศึกษาข้อมูลอย่างเป็นระบบ : ทำความเข้าใจก่อนปฏิบัติ | 3 | | | | |
| 8. ทำตามลำดับขั้น : ทำตามลำดับขั้นตอนความสำคัญ | 3 | | | | |
| 9. ประหยัด เรียบง่าย ได้ประโยชน์สูงสุด : แก้ปัญหาด้วยความเรียบง่ายและประหยัด | 3 | | | | |
| 10.การมีส่วนร่วม : มีส่วนร่วมในการทำงานกลุ่ม | 3 | | | | |
| รวมคะแนน | **30** | | | | |

**หมายเหตุ** การประเมินสามารถทำทีละข้อหรือหลายข้อและทำได้ทั้งขณะก่อนหรือระหว่าง หรือหลังเรียน

**เกณฑ์การประเมิน**

1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

2 หมายถึง พอใช้

3 หมายถึง ดี

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

| | | |
|---|---|---|
| | **เอกสารอ้างอิง** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 12-13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | **จำนวน** 8 **ชั่วโมง** |


กิตติกร ขันแกล้ว. (2556). **ทฤษฎีและการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ: โอ.เอส. พริ้นติ้ง เฮ้าส์.

ชัด อินทะสี. (2540). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ: เม็ดทรายพริ้นติ้ง.

ธำรงศักดิ์ หมิ่นก้าหรีม. (2556). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

บุญเรือง วังศิลาบัตร. (2555). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ.** พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ธนภัทร (2006) พริ้นติ้ง.

ไมตรี วรวุฒิจรรยากุล. (2553). **ทฤษฎีวงจรไฟฟ้า เล่ม 2 (ฉบับปรับปรุงใหม่)**. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: ส.เอเซียเพรส.

วราภรณ์ ทุมชาติ. (2556). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ: รัตนโรจน์การพิมพ์.

วิโรจน์ รัตนวิจารณ์. (2557). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ: ส.เต็มรักการพิมพ์.

ไวพจน์ ศรีธัญ และคณิศร จันทร์โสดา. (2558). **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.** กรุงเทพฯ: เอสเคเอส อินเตอร์ การพิมพ์

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

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

**ตอนที่ 1** จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้องและสมบูรณ์

1. นิยามของวิธีกระแสเมช คือ

การนำวิธีกระแสเมช (Mesh Current Method) หรือกระแสลูป [Mesh (Loop)] มาวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีหลายแหล่งจ่าย โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กับทุกลูปที่มีการกำหนดกระแสไฟฟ้าและทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ในรูปแบบของวงรอบกระแสลูป ซึ่งจะต่างกับวิธีของเคอร์ชอฟฟ์ ที่จะกำหนดจุดต่อของกระแสแล้วหาสมการ การกำหนดวงรอบกระแส และทิศทางของกระแสไฟฟ้าทำให้จำนวนตัวแปรของกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้แก้สมการได้เร็วและง่ายยิ่งขึ้น

2.ขั้นตอนในการนำวิธีกระแสเมชมาใช้ในการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าทำอย่างไร

1. สมมุติทิศทางกระแสไฟฟ้าในวงปิด

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วลบ

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า โดยในแต่ละลูปถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าแรงดันไฟฟ้าและถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบไว้ หน้าแรงดันไฟฟ้า ในส่วนของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าถ้ากระแสไฟฟ้าของลูปไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายบวก และถ้าไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมาย

4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า ด้วยวิธีการกำจัดตัวแปรหรือวิธีดีเทอร์มิแนนต์

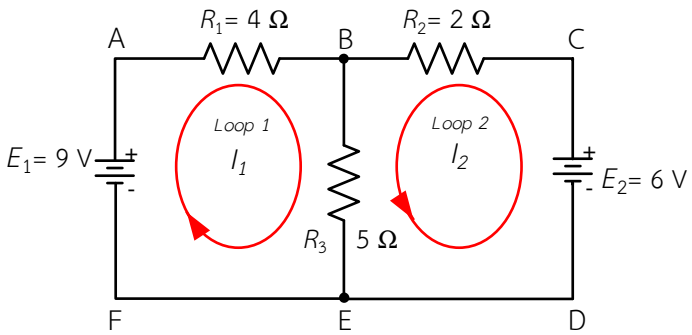
**ตอนที่ 2** จงแสดงวิธีทำ

1. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.33 จงหาต่อไปนี้

ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

ข. นำค่าที่ได้จากข้อ ก) เปรียบเทียบกับการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในแบบฝึกหัดข้อที่ 3 หน่วยที่ 9 (สัปดาห์ที่ 10) ว่ามีข้อแตกต่างในการคำนวณอย่างไร และมีค่าเท่ากันหรือไม่

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |




รูปที่ 10.33 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 1

<u>วิธีทำ</u>

ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

<u>พิจารณาลูป *ABEFA*</u> จะได้

$$9I_1 + 5I_2 - 9 = 0$$

$$9I_1 + 5I_2 = 9 \qquad (1)$$

<u>พิจารณาลูป *CBEDC*</u> จะได้

$$5I_1 + 7I_2 - 6 = 0$$

$$5I_1 + 7I_2 = 6 \qquad (2)$$

นำสมการที่ (1) และสมการที่ (2) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนต์

$$\begin{bmatrix} 9 & 5 \\ 5 & 7 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 9 \\ 6 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 9 & 5 \\ 5 & 7 \end{vmatrix}$$

$$= 63 - 25$$

$$= 38$$

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 9 & 5 \\ 6 & 7 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{63-30}{38}$$

$$= \frac{33}{38}$$

$$= 0.87\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 9 & 9 \\ 5 & 6 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{54-45}{38}$$

$$= \frac{9}{38}$$

$$= 0.24\ \text{A}$$

$$I_1 = 0.87\ A$$

$$I_2 = 0.24\ \text{A}$$

$$I_3 = I_1 + I_2$$

$$= 0.87 + 0.24$$

$$= 1.11\ \text{A}$$

ข. นำค่าที่ได้จากข้อ ก) เปรียบเทียบกับการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในแบบฝึกหัดข้อที่ 3 หน่วยที่ 9 (สัปดาห์ที่ 10) ว่ามีข้อแตกต่างในการคำนวณอย่างไร และมีค่าเท่ากันหรือไม่

การหาสมการจะต่างกับวิธีของเคอร์ชอฟฟ์ ที่จะต้องกำหนดจุดต่อของกระแสแล้วหาสมการกระแสตามกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ แล้วนำมาแทนในสมการแรงดันไฟฟ้าในวงปิดตามวิธีของเคอร์ชอฟฟ์ หลังจากนั้นจึงจัดรูปสมการใหม่ แทนค่าที่ทราบค่าลงในสมการและ แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้า ด้วยวิธีดีเทอร์มิแนนต์ จึงมีหลายขั้นตอน สุดท้ายก่อนนำสมการหาค่าตัวแปรของกระแสก็จะมีค่าเท่ากันกับวิธีกระแสเมช ที่ทำโดย สมมุติทิศทางกระแสไฟฟ้าในวงปิด ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

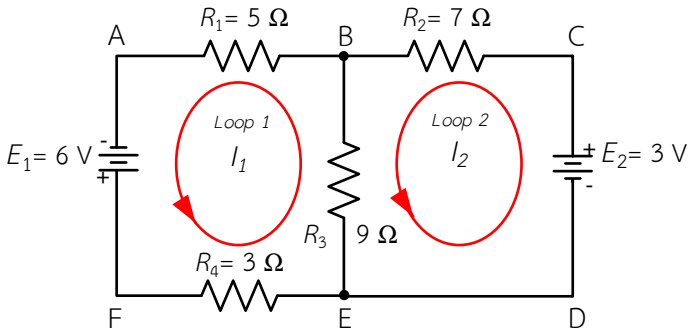
เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า แทนค่าที่ทราบค่าลงในสมการและ แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้า ด้วยวิธีดีเทอร์มิแนนต์

2. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.34 จงหาต่อไปนี้

ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

ข. นำค่าที่ได้จากข้อ ก) เปรียบเทียบกับการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในแบบฝึกหัดข้อที่ 4 หน่วยที่ 9 (สัปดาห์ที่ 10) ว่ามีข้อแตกต่างในการคำนวณอย่างไร และมีค่าเท่ากันหรือไม่

<u>วิธีทำ</u> ก. กระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช




รูปที่ 10.34 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 2

<u>พิจารณาลูป *ABEFA*</u> จะได้

$$17I_1 - 9I_2) - 6 = 0$$

$$17I_1 - 9I_2 = 6 \qquad (1)$$

<u>พิจารณาลูป *CBEDC*</u> จะได้

$$-9I_1 + 16I_2 - 3 = 0$$

$$-9I_1 + 16I_2 = 3 \qquad (2)$$

นำสมการที่ (3) และสมการที่ (5) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนต์

$$\begin{bmatrix} 17 & -9 \\ -9 & 16 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 6 \\ 3 \end{bmatrix}$$

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$D = \begin{vmatrix} 17 & -9 \\ -9 & 16 \end{vmatrix}$$
$$= 272 - 81$$
$$= 191$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & -9 \\ 3 & 16 \end{vmatrix}}{D}$$
$$= \frac{96 + 27}{191}$$
$$= \frac{123}{191}$$
$$= 0.64\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 17 & 6 \\ -9 & 3 \end{vmatrix}}{D}$$
$$= \frac{51 + 54}{191}$$
$$= \frac{105}{191}$$
$$= 0.55\,\text{A}$$

$$I_1 = 0.64\ \text{A}$$
$$I_2 = 0.55\,\text{A}$$
$$I_3 = I_1 - I_2$$
$$= 0.64 - 0.55$$
$$= 0.09\,\text{A}$$

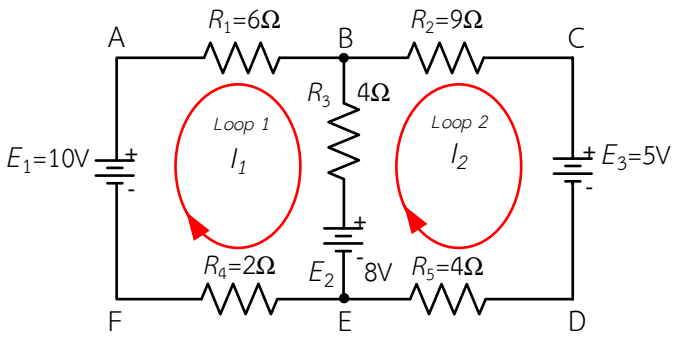
| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

ข. นำค่าที่ได้จากข้อ ก) เปรียบเทียบกับการใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในแบบฝึกหัดข้อที่ 4 หน่วยที่ 9 (สัปดาห์ที่ 10) ว่ามีข้อแตกต่างในการคำนวณอย่างไร และมีค่าเท่ากันหรือไม่

การหาสมการจะต่างกับวิธีของเคอร์ชอฟฟ์ที่จะต้องกำหนดจุดต่อของกระแสแล้วหาสมการกระแสตามกฎกระแสของเคอร์ชอฟฟ์ แล้วนำมาแทนในสมการแรงดันไฟฟ้าในวงปิดตามวิธีของเคอร์ชอฟฟ์ หลังจากนั้นจึงจัดรูปสมการใหม่ แทนค่าที่ทราบค่าลงในสมการและ แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าด้วยวิธีดีเทอร์มิแนนต์จึงมีหลายขั้นตอน สุดท้ายก่อนนำสมการหาค่าตัวแปรของกระแสก็จะมีค่าเท่ากันกับวิธีกระแสเมช ที่ทำโดย สมมุติทิศทางกระแสไฟฟ้าในวงปิด ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า แทนค่าที่ทราบค่าลงในสมการและแก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้า ด้วยวิธีดีเทอร์มิแนนต์

3. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 5 จงหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช

<u>วิธีทำ</u>




รูปที่ 3 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 3

<u>พิจารณาลูป *ABEFA*</u> จะได้

$$12I_1 + 4I_2 - 10 + 8 = 0$$

$$12I_1 + 4I_2 = 2 \qquad (1)$$

<u>พิจารณาลูป *CBEDC*</u> จะได้

$$4I_1 + 17I_2 - 8 + 5 = 0$$

$$4I_1 + 17I_2 = -3 \qquad (2)$$

นำสมการที่ (1) และสมการที่ (2) มาแก้สมการด้วยดีเทอร์มิแนนต์

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$\begin{bmatrix} 12 & 4 \\ 4 & 17 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ -3 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 12 & 4 \\ 4 & 17 \end{vmatrix}$$
$$= 204 - 16$$
$$= 188$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & 4 \\ -3 & 17 \end{vmatrix}}{D}$$
$$= \frac{34 + 12}{188}$$
$$= \frac{46}{188}$$
$$= 0.24\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 12 & 2 \\ 4 & -3 \end{vmatrix}}{D}$$
$$= \frac{-36 - 8}{188}$$
$$= \frac{-44}{188}$$
$$= -0.23\ \text{A}$$

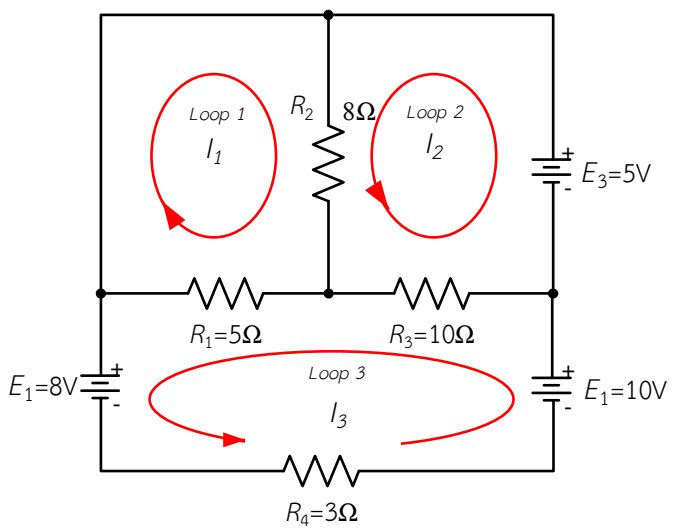
ดังนั้น

$$I_1 = 0.24\ \text{A}$$
$$I_2 = -0.23\ \text{A}$$

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$I_3 = I_1 + I_2$$
$$= 0.24 + (-0.23)$$
$$= 0.01\ \text{A}$$

4. จากวงจรไฟฟ้าในรูปที่ 10.36 จงหากระแสที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช และหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร




รูปที่ 10.36 แบบฝึกหัดตอนที่ 2 ข้อ 4

<u>วิธีทำ</u>

ลูป $I_1$

$$13I_1 + 8I_2 + 5I_3 = 0 \qquad (1)$$

ลูป $I_2$

$$8I_1 + 18I_2 - 10I_3 - 5 = 0$$
$$8I_1 + 18I_2 - 10I_3 = -5 \qquad (2)$$

ลูป $I_3$ :

$$5I_1 - 10I_2 + 18I_3 + 8 - 10 = 0$$
$$5I_1 - 10I_2 + 18I_3 = 2 \qquad (3)$$

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (1),(2) และ (3) จะได้

$$\begin{bmatrix} 13 & 8 & 5 \\ 8 & 18 & -10 \\ 5 & -10 & 18 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 5 \\ 2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 13 & 8 & 5 \\ 8 & 18 & -10 \\ 5 & -10 & 18 \end{vmatrix} \\ &= (4212 - 400 - 400) - (450 + 1300 + 1152) \\ &= 3412 - 2902 \\ &= 510 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_1 &= \frac{\begin{vmatrix} 0 & 8 & 5 \\ 5 & 18 & -10 \\ 2 & -10 & 18 \end{vmatrix}}{D} \\ &= \frac{(0 - 160 - 250) - (180 + 0 + 720)}{510} \\ &= \frac{-410 - 900}{510} \\ &= \frac{-1310}{510} \\ &= -2.568 \\ \therefore I_1 &= -2.568 \text{ A} \end{aligned}$$

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 13 & 0 & 5 \\ 8 & 5 & -10 \\ 5 & 2 & 18 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(1170+0+80)-(125-260+0)}{510}$$

$$= \frac{1250+135}{510}$$

$$= \frac{1385}{510}$$

$$= 2.715$$

$$\therefore I_2 = 2.715\,\text{A}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 13 & 8 & 0 \\ 8 & 18 & 5 \\ 5 & -10 & 2 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(468+200+0)-(0-650+128)}{510}$$

$$= \frac{668+522}{510}$$

$$= \frac{1190}{510}$$

$$= 2.333$$

$$\therefore I_3 = 2.33\,\text{A}$$

| | เฉลยใบแบบฝึกหัด | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 + I_3 = -2.56 + 2.333 = -0.235\text{A}$ (ทิศทางตามลูป $I_1$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_1 + I_2 = -2.56 + 2.175 = 0.147\text{A}$ (ทิศทางตามลูป $I_1$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2 - I_3 = 2.715 - 2.333 = 0.382\text{A}$ (ทิศทางตามลูป $I_2$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_3 = 2.333\text{A}$ (ทิศทางตามลูป $I_3$)

หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร

$$V_{R1} = I_{R1} \times R_1$$
$$= 0.235\text{A} \times 5\Omega$$
$$= 1.175\text{V}$$

$$V_{R2} = I_{R2} \times R_2$$
$$= 0.147\text{A} \times 8\Omega$$
$$= 1.176\text{V}$$

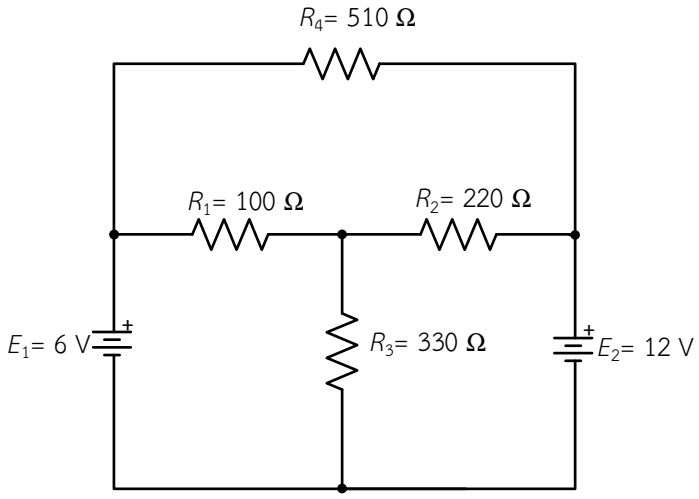
$$V_{R3} = I_{R3} \times R_3$$
$$= 0.382\text{A} \times 10\Omega$$
$$= 3.820\text{V}$$

$$V_{R4} = I_{R4} \times R_4$$
$$= 2.333\text{A} \times 3\Omega$$
$$= 6.999\text{V}$$

| | | |
|---|---|---|
| | **เฉลยใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

## ลำดับขั้นการทดลอง

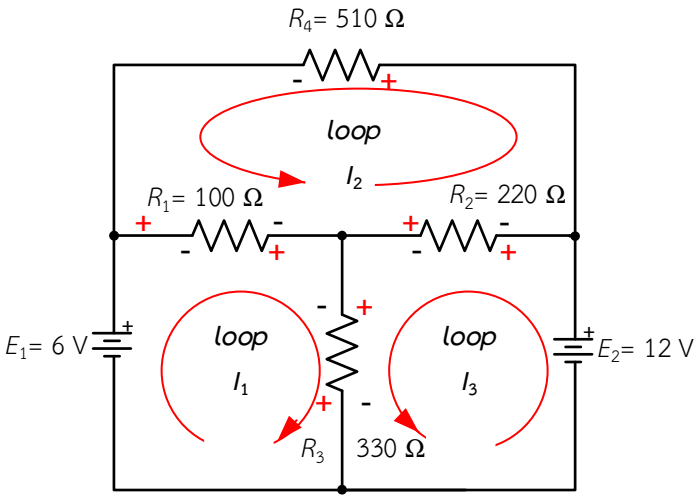
เฉลยข้อที่ 4. คำนวณค่ากระแสไฟฟ้าผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัว ด้วยวิธีกระแสเมชดังรูปที่ 10.7 นำค่าที่ได้บันทึกในตารางที่ 10.1




รูปที่ 10.7 วงจรไฟฟ้าใช้ในการทดลองข้อที่ 4

**<u>วิธีทำ</u>**

จงเขียนชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าลงในรูปที่ให้มา




รูปที่ 10.8 วงจรไฟฟ้าใช้ในการทดลองข้อที่ 4

| | | |
|---|---|---|
| | **เฉลยใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ :

$$(R_1 + R_3)I_1 + R_1 I_2 + R_3 I_3 - E_1 = 0$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$(100 + 330)I_1 + 100 I_2 + 330 I_3 - 12 = 0$$

$$430 I_1 + 100 I_2 + 330 I_3 - 6 = 0$$

เขียนสมการใหม่ดังนี้

$$430 I_1 + 100 I_2 + 330 I_3 = 6 \qquad (1)$$

หาร (1) ด้วย 100 จะได้

$$4.3 I_1 + 1 I_2 + 3.3 I_3 = 0.06 \qquad (2)$$

ลูป $I_2$ :

$$R_1 I_1 + (R_1 + R_2 + R_4)I_2 - R_2 I_3 = 0$$

แทนค่าในสมการจะได้ได้

$$100 I_1 + (R_1 + R_2 + R_4)I_2 - 220 I_3 = 0$$

$$100 I_1 + 830 I_2 - 220 I_3 = 0 \qquad (3)$$

หาร (3) ด้วย 100 จะได้

$$1 I_1 + 8.3 I_2 - 2.2 I_3 = 0 \qquad (4)$$

ลูป $I_3$ :

$$R_3 I_1 - R_2 I_2 + (R_2 + R_3)I_3 - E_2 = 0$$

แทนค่าในสมการจะได้

$$330 I_1 - 220 I_2 + (220 + 330)I_3 - 12 = 0$$

$$330 I_1 - 220 I_2 + 550 I_3 - 12 = 0$$

เขียนสมการใหม่ดังนี้

$$330 I_1 - 220 I_2 + 550 I_3 = 12 \qquad (5)$$

หาร (5) ด้วย 100 จะได้

$$3.3 I_1 - 2.2 I_2 + 5.5 I_3 = 0.12 \qquad (6)$$

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (2),(4) และ (6) จะได้

$$\begin{bmatrix} 4.3 & 1 & 3.3 \\ 1 & 8.3 & -2.2 \\ 3.3 & -2.2 & 5.5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.06 \\ 0 \\ 0.12 \end{bmatrix}$$

| | | |
|---|---|---|
| | **เฉลยใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

$$D = \begin{vmatrix} 4.3 & 1 & 3.3 \\ 1 & 8.3 & -2.2 \\ 3.3 & -2.2 & 5.5 \end{vmatrix}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left[(4.3\times8.3\times5.5)+(1\times(-2.2)\times3.3)+(3.3\times1\times(-2.2))\right] \\ -\left[(3.3\times8.3\times3.3)+((-2.2)\times(-2.2)\times4.3)+(5.5\times1\times1)\right] \end{array} \right\}$$

$$= (196.295-7.26-7.26)-(90.387+20.812+5.5)$$

$$= 181.775-116.312$$

$$= 65.463$$

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 0.06 & 1 & 3.3 \\ 0 & 8.3 & -2.2 \\ 0.12 & -2.2 & 5.5 \end{vmatrix}}{65.463}$$

$$= \frac{\left\{ \begin{array}{l} \left[(0.06\times8.3\times5.5)+(1\times(-2.2)\times0.12)+(3.3\times0\times(-2.2))\right] \\ -\left[(0.12\times8.3\times3.3)+((-2.2)\times(-2.2)\times0.06)+(5.5\times0\times1)\right] \end{array} \right\}}{65.463}$$

$$= \frac{(2.739-0.264+0)-(3.2868+0.2904+0)}{65.463}$$

$$= \frac{2.475-3.5772}{65.463}$$

$$= \frac{-1.1022}{65.463}$$

$$= -0.0168\text{A}$$

| | เฉลยใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 4.3 & 0.06 & 3.3 \\ 1 & 0 & -2.2 \\ 3.3 & 0.12 & 5.5 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{array}{l}\left[(4.3\times0\times5.5)+(0.06\times(-2.2)\times3.3)+(3.3\times1\times0.12)\right] \\ -\left[(3.3\times0\times3.3)+(0.12\times(-2.2)\times4.3)+(5.5\times1\times0.06)\right]\end{array}\right\}}{65.463}$$

$$= \frac{(0-0.4356+0.396)-(0-1.1352+0.33)}{65.463}$$

$$= \frac{-0.0396+0.8052}{65.463}$$

$$= \frac{0.7656}{65.463}$$

$$= 0.0117\text{A}$$

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 4.3 & 1 & 0.06 \\ 1 & 8.3 & 0 \\ 3.3 & -2.2 & 0.12 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{array}{l}\left[(4.3\times8.3\times0.12)+(1\times0\times3.3)+(0.06\times1\times(-2.2))\right] \\ -\left[(3.3\times8.3\times0.06)+((-2.2)\times0\times4.3)+(0.12\times1\times1)\right]\end{array}\right\}}{65.463}$$

$$= \frac{(4.2828+0-0.132)-(1.6434-0+0.12)}{65.463}$$

| | เฉลยใบงานที่ 10 | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

$$= \frac{4.1508 - 1.7634}{65.463}$$

$$= \frac{2.3874}{65.463}$$

$$= 0.0365\text{A}$$

ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 + I_2 =$ -0.0168+0.0117 = -0.0051 = -5.1 mA

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_3 - I_2 =$ 0.0365-0.0117 = 0.0248 = 24.8 mA

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_3 + I_1 =$ 0.0365+(-0.0168) = 0.0197 = 19.7 mA

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_2 =$ 0.0117 = 11.7 m A

หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร

$$V_{R1} = I_{R1} \times R_1 = 5.1\text{mA} \times 100\Omega = 0.51\text{V}$$

$$V_{R2} = I_{R2} \times R_2 = 24.8\text{mA} \times 220\Omega = 5.46\text{V}$$

$$V_{R3} = I_{R3} \times R_3 = 19.7\text{mA} \times 330\Omega = 6.50\text{V}$$

$$V_{R4} = I_{R4} \times R_4 = 11.7\text{mA} \times 510\Omega = 5.97\text{V}$$

**ตารางที่ 10.1** ตารางบันทึกผลการทดลองวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

| ผลการทดลองจาก | $R_1$ | $R_2$ | $R_3$ | $R_4$ | - | - | หน่วย |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| การวัด | 99.6 | 216.6 | 326.2 | 505.7 | - | - | Ω |
| ผลการทดลองจาก | $I_{R1}$ | $I_{R2}$ | $I_{R3}$ | $I_{R4}$ | - | - | หน่วย |
| การวัด | 1.2 | 21.4 | 22.6 | 8.9 | - | - | mA |
| การคำนวณ | 5.1 | 24.8 | 19.7 | 11.7 | - | - | mA |
| ผลการทดลองจาก | $V_{R1}$ | $V_{R2}$ | $V_{R3}$ | $V_{R4}$ | $E_1$ | $E_2$ | หน่วย |
| การวัด | 0.121 | 4.627 | 7.37 | 4.50 | 6 | 11.99 | V |
| การคำนวณ | 0.51 | 5.46 | 6.50 | 5.97 | - | - | V |

**หมายเหตุ** ผลที่ได้จากการทดลองควรมีค่าใกล้เคียงกับในตารางอาจมีความแตกต่างได้ขึ้นอยู่กับความผิดพลาดของค่าอุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

| | | |
|---|---|---|
| | **เฉลยใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

**สรุปผลการทดลอง**

วิธีกระแสเมชซึ่งทำได้สะดวกและรวดเร็ว เป็นการสมมุติกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรปิด มีลักษณะกระแสไฟฟ้าเป็นวงลูปจะมีทิศทางตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ มีขั้นตอนนำไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าดังนี้

1. สมมุติทิศทางกระแสไฟฟ้าในวงปิด

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า โดยกำหนดว่ากระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วบวก กระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทานฝั่งไหนให้เป็นขั้วลบ

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า โดยในแต่ละลูปถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าแรงดันไฟฟ้าและถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบไว้ หน้าแรงดันไฟฟ้า ในส่วนของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าถ้ากระแสไฟฟ้าของลูปไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายบวก และถ้าไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมาย

4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า ด้วยวิธีการกำจัดตัวแปรหรือวิธีดีเทอร์มิแนนต์

**คำถามท้ายการทดลอง**

1. กระแสเมช $I_1$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ ที่ได้จากการทดลองจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

กระแสเมช $I_1$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าไม่เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ เพราะกระแสเมช $I_1$ ไม่ได้ไหลผ่าน $R_1$ เพียงตัวเดียวแต่จะไปผ่าน $R_3$ ด้วย และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ ดูจากรูปที่ 10.8 วงจรไฟฟ้าใช้ในการทดลองข้อที่ 4 จะต้องมีค่าเท่ากับ กระแสเมช $I_1$ หักล้างกับ กระแสเมช $I_3$ เพราะกำหนดทิศทางกระแสเมชสวนทางกัน ถึงแม้นว่าคำนวณตามนี้แล้วก็ตาม ค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีเลขเป็นทศนิยม การปัดเศษตัวเลขที่ใช้ในแต่ละครั้งแล้วนำคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าใกล้เคียงค่าจริงที่ยอมรับได้ และค่าที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการก็มีปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่คำนวณได้ เช่น ความคลาดเคลื่อนของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด และความคลาดเคลื่อนจากผู้ทดลองเองด้วย จึงทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวัดทดลองจริงไม่เท่ากัน

| | | |
|---|---|---|
| | **เฉลยใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |

2. กระแสเมช $I_2$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2$ ที่ได้จากการทดลองจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

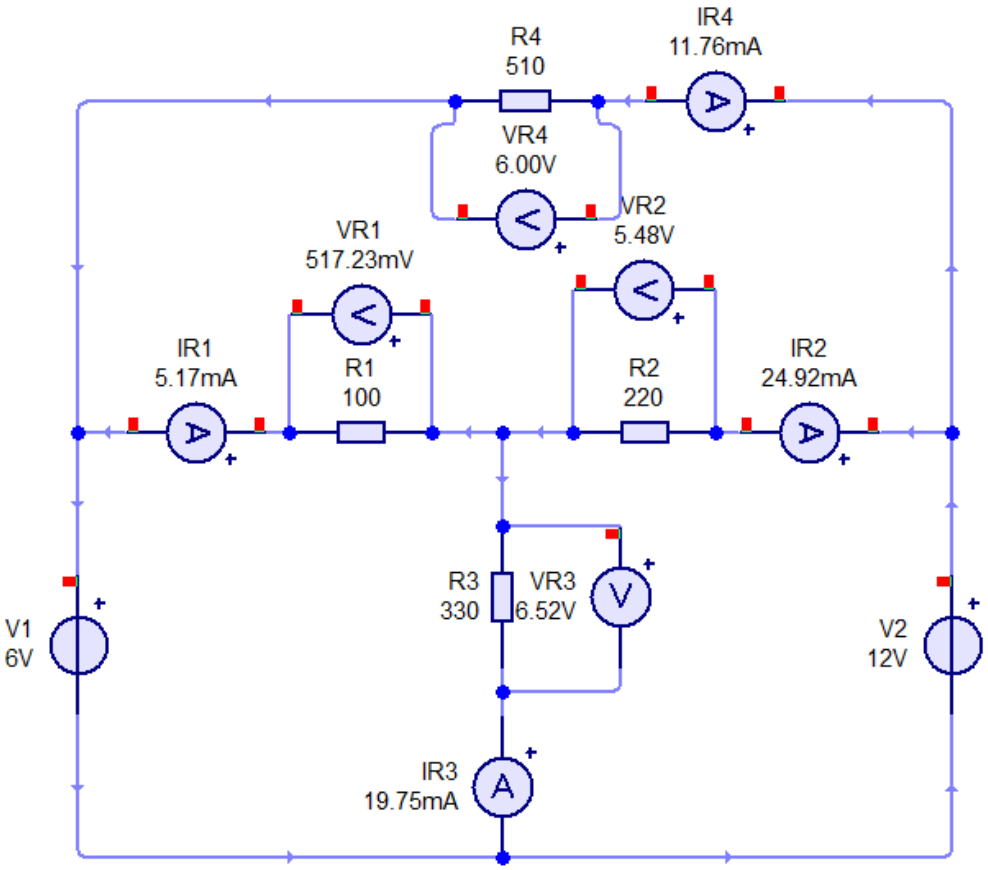
กระแสเมช $I_2$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าไม่เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2$ เพราะกระแสเมช $I_2$ ไม่ได้ไหลผ่าน $R_2$ เพียงตัวเดียวแต่จะไปผ่าน $R_2$ และ $R_4$ ด้วย และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2$ ดูจากรูปที่ 10.8 (วงจรไฟฟ้าใช้ในการทดลองข้อที่ 4) จะต้องมีค่าเท่ากับ กระแสเมช $I_2$ หักล้างกับ กระแสเมช $I_3$ เพราะกำหนดทิศทางกระแสเมชสวนทางกัน ถึงแม้นว่าคำนวณตามนี้แล้วก็ตาม ค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีเลขเป็นทศนิยมการปัดเศษตัวเลขที่ใช้ในแต่ละครั้งแล้วนำคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าใกล้เคียงค่าจริงที่ยอมรับได้ และค่าที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการก็มีปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่คำนวณได้ เช่น ความคลาดเคลื่อนของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด และความคลาดเคลื่อนจากผู้ทดลองเองด้วย จึงทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวัดทดลองจริงไม่เท่ากัน

3. กระแสเมช $I_3$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3$ ที่ได้จากการทดลองจริงหรือไม่ เพราะเหตุใด

กระแสเมช $I_3$ ที่ได้จากการคำนวณมีค่าไม่เท่ากับกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3$ เพราะกระแสเมช $I_3$ ไม่ได้ไหลผ่าน $R_3$ เพียงตัวเดียวแต่จะไปผ่าน $R_2$ ด้วย และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3$ ดูจากรูปที่ 10.8

(วงจรไฟฟ้าใช้ในการทดลองข้อที่ 4) จะต้องมีค่าเท่ากับ กระแสเมช $I_3$ หักล้างกับ กระแสเมช $I_1$ เพราะกำหนดทิศทางกระแสเมชสวนทางกัน ถึงแม้นว่าคำนวณตามนี้แล้วก็ตาม ค่าที่ได้จากการคำนวณจะมีเลขเป็นทศนิยมการปัดเศษตัวเลขที่ใช้ในแต่ละครั้งแล้วนำคำนวณทางคณิตศาสตร์ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาดทำให้ค่าที่ได้เป็นค่าใกล้เคียงค่าจริงที่ยอมรับได้ และค่าที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการก็มีปัจจัยอื่นที่ทำให้ค่าที่วัดได้ไม่ตรงกับค่าที่คำนวณได้ เช่น ความคลาดเคลื่อนของตัวอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง ความคลาดเคลื่อนของเครื่องมือวัด และความคลาดเคลื่อนจากผู้ทดลองเองด้วย จึงทำให้ค่าที่ได้จากการคำนวณและค่าที่ได้จากการวัดทดลองจริงไม่เท่ากัน

| | | |
|---|---|---|
| | **เฉลยใบงานที่ 10** | |
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | 4 **ชั่วโมง** |
| | **เรื่อง** วิธีกระแสเมช | |



| | ใบเฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน - หลังเรียน | |
|---|---|---|
| | **รหัสวิชา** 2104-2002 **วิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | สัปดาห์ที่ 13 |
| | **หน่วยที่ 10** วิธีกระแสเมช (สอนครั้งที่ 2) | **จำนวน** 10 ข้อ |

**ก่อนเรียน**

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

**หลังเรียน**

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

| | ใบสรุปการประเมินผล | |
|---|---|---|
| | **รหัส** 2104-2002 **ชื่อวิชา** วงจรไฟฟ้ากระแสตรง | **สัปดาห์ที่** 12-13 |
| | **หน่วยที่ 10 :** วิธีกระแสเมช | **จำนวน** 4 **ชั่วโมง** |

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....กลุ่ม.....

| **รายการประเมินผล** | **คะแนนเต็ม** | **คะแนนที่ได้** |
|---|---|---|
| 1. แบบทดสอบก่อนเรียน (รวมสัปดาห์ที่ 12-13 สัปดาห์ละ 10 คะแนน) | 20 | |
| 2. ใบแบบฝึกหัด (รวมสัปดาห์ที่ 12-13 สัปดาห์ละ 60 คะแนน) | 120 | |
| 3. ใบงาน | 90 | |
| 4. แบบทดสอบหลังเรียน (รวมสัปดาห์ที่ 12-13 สัปดาห์ละ 10 คะแนน) | 20 | |
| 5. คุณธรรม จริยธรรม (รวมสัปดาห์ที่ 12-13) | 30 | |
| **รวมคะแนน** | 280 | |

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

(.....)

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

# หน่วยที่ 10 : วิธีกระแสเมช

## สอนครั้งที่ 2

วิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัส 2104-2002

# สาระการเรียนรู้

10.7 แนวคิดของวิธีกระแสเมช

10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

# จุดประสงค์การสอน

## จุดประสงค์ทั่วไป

เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ และเข้าใจวิธีแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยกฎของเคอร์ชอฟฟ์และด้วยวิธีกระแสเมช คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในสาขาต่าง ๆ

## จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

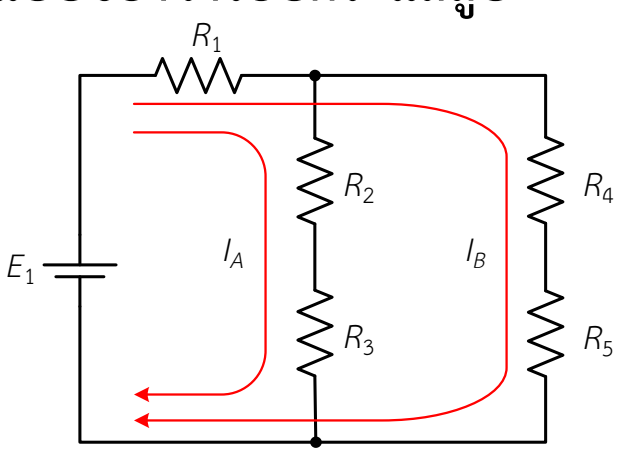
6. บอกวิธีการคิดของวิธีกระแสเมชได้
7. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้
8. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมชได้

# 10.7 แนวคิดของวิธีกระแสเมช

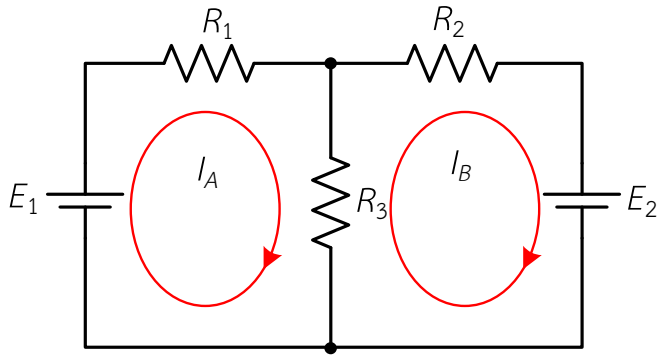
วิธีกระแสเมช (Mesh Current Method)

หรือกระแสลูป [Mesh (Loop)]

วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าที่มีหลายแหล่งจ่าย โดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ กับทุกลูปที่มีการกำหนดกระแสไฟฟ้า และทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะอยู่ในรูปแบบของวงรอบกระแสลูป



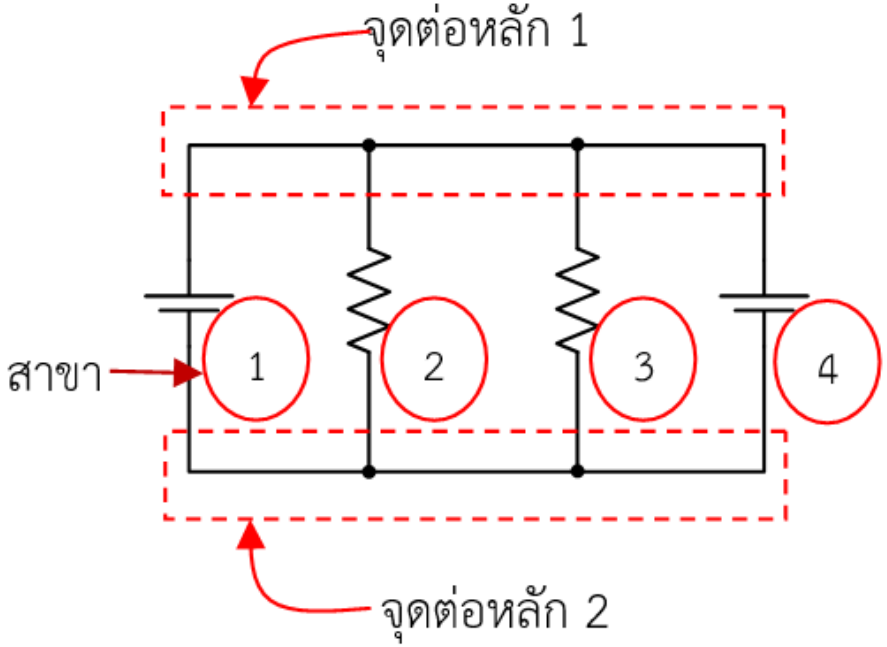

ก) กระแสเมชที่จำกัดวงทั่วไป




ข) กระแสเมชที่จำกัดวงเดียวเฉพาะวง

# 10.7.1 จำนวนสมการของกระแสเมช

**จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก-1)**

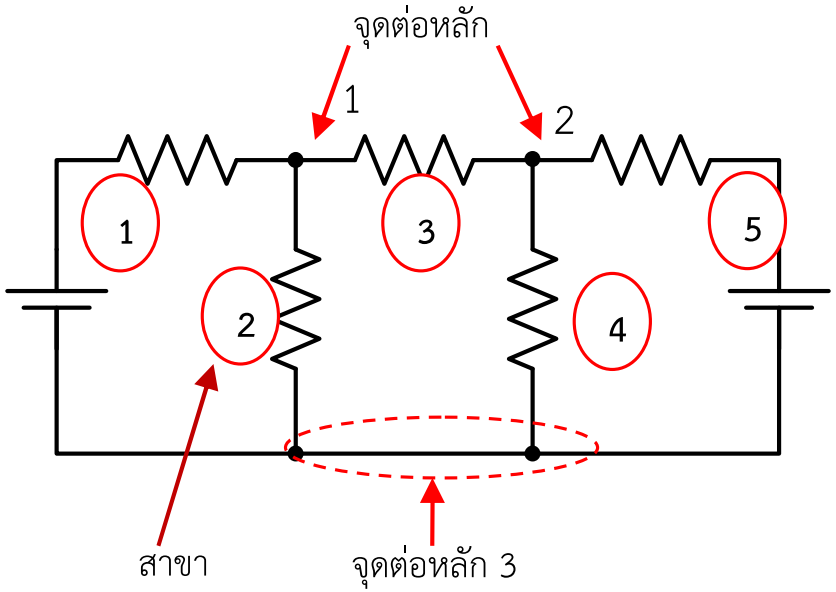



จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

$= 4 - (2 - 1) = 3$

# 10.7.1 จำนวนสมการของกระแสเมช

<u>ตัวอย่างที่ 10.11</u> จากรูป จงหาจำนวนสมการของวิธีเมช




จำนวนสมการ = จำนวนสาขา – (จำนวนจุดต่อหลัก – 1)

= 5 – (3 – 1)

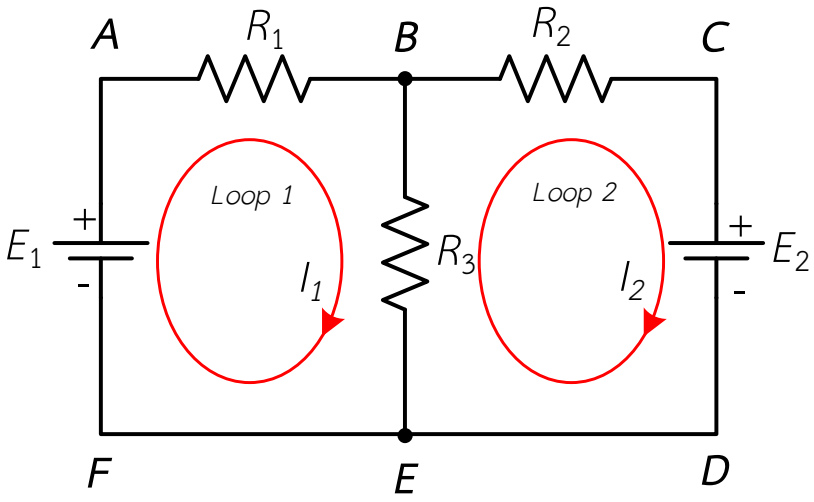
= 3

∴ จำนวนสมการ = 3 สมการ

# 10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

## 10.8.1 หลักการและวิธีการของวิธีกระแสเมช

1. กำหนดทิศทางกระแสในวงปิด และชื่อกระแสไฟฟ้า




จะให้ทิศทางกระแสไฟฟ้าตามเข็มหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้

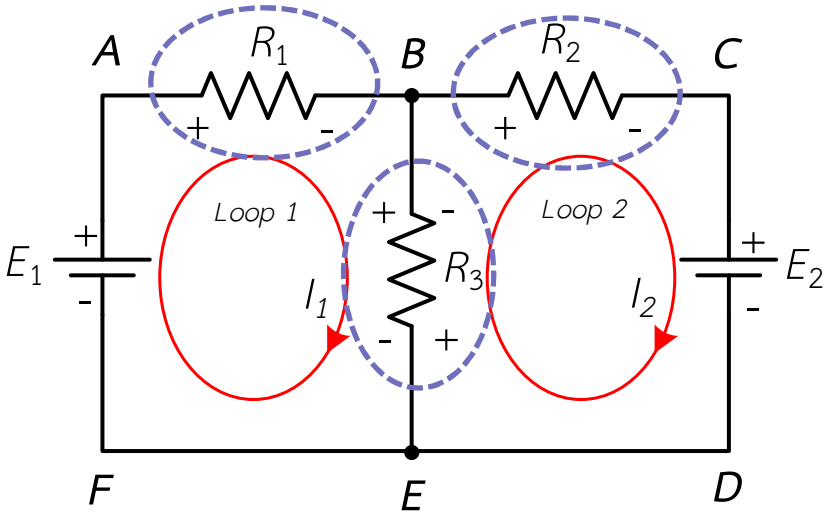
กำหนดเป็น $I_1$ ในลูป *ABEF* (Loop 1)

$I_2$ ในลูป *BCDE* (Loop 2)

# 10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

## 10.8.1 หลักการและวิธีการของวิธีกระแสเมช

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน




กำหนดว่ากระแสไฟฟ้า*<u>ไหลเข้า</u>*ตัวต้านทานฝั่งไหนให้*<u>เป็นขั้วบวก</u>*

กระแสไฟฟ้า*<u>ไหลออก</u>*จากตัวต้านทานฝั่งไหนให้*<u>เป็นขั้วลบ</u>*

# 10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

## 10.8.1 หลักการและวิธีการของวิธีกระแสเมช

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า

ลูป 1 ; $+I_1R_1 + (I_1 - I_2)R_3 - E_1 = 0$

ลูป 2 ; $+(I_2 - I_1)R_3 + I_2R_2 + E_2 = 0$

กระแสไหลเข้าหาขั้วลบของแหล่งจ่าย

กระแสไหลเข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่าย

แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าทั้งสองลูปนั้น
ถ้าทิศทางกระแสไฟฟ้าจากทั้งสองลูปไหลตามกันให้เอากระแสไฟฟ้าทั้งสองบวกกัน
ถ้าทิศทางกระแสไฟฟ้าจากทั้งสองลูปไหลทิศทางสวนกันให้เอากระแสไฟฟ้าทั้งสองลบกัน
ทั้งนี้พิจารณาลูปไหนให้เอากระไฟฟ้าลูปนั้นเป็นตัวตั้งอีกลูปจะเป็นตัวบวกหรือตัวลบ

# 10.8 การแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมช

## 10.8.1 หลักการและวิธีการของวิธีกระแสเมช

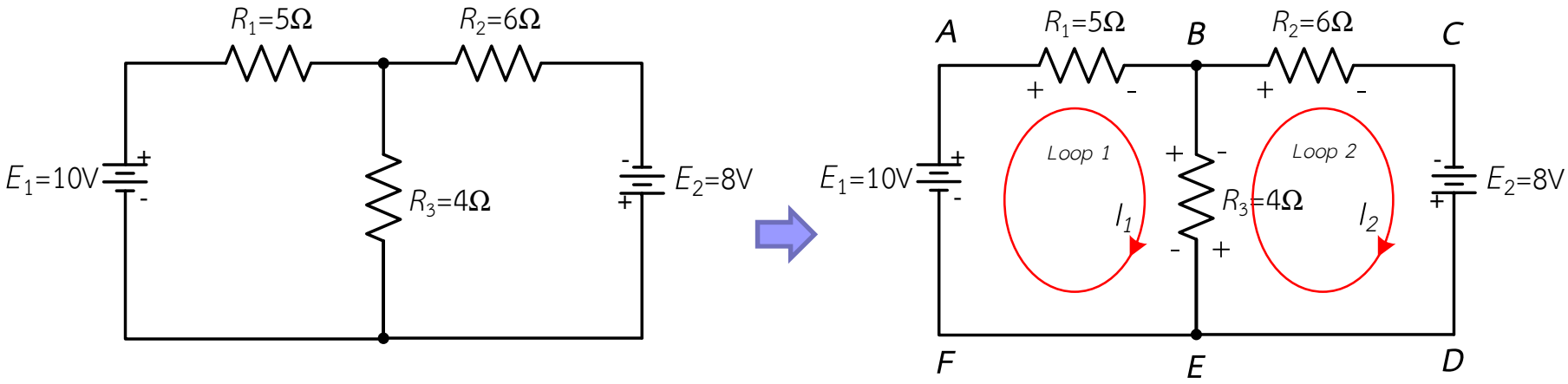
4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า

- ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นลบ แสดงว่าการกำหนดทิศทางกระแสลูปในข้อที่ 1) จะไม่เป็นจริง ทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงจะตรงกันข้ามกับที่กำหนดไว้
- ถ้าผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นบวก แสดงว่าการ กำหนดทิศทางกระแสลูปในข้อที่ 1) จะเป็นทิศทางกระแสไฟฟ้าจริงตามที่ กำหนดไว้

**ตัวอย่างที่ 10.12** จากวงจรในรูปที่ 10.21 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช

**วิธีทำ** ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน




รูปที่ 10.21 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.12

**ตัวอย่างที่ 10.12 (ต่อ)**

**เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์**

ลูป $I_1$ : $$(R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2 - E_1 = 0$$

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

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ : $$(5+4)I_1 - 4I_2 - 10 = 0$$

$$9I_1 - 4I_2 - 10 = 0 \qquad \text{.....(1)}$$

ลูป $I_2$ : $$-4I_1 + (4+6)I_2 - 8 = 0$$

$$-4I_1 + 10I_2 - 8 = 0 \qquad \text{.....(2)}$$

## ตัวอย่างที่ 10.12 (ต่อ)

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ : $9I_1 - 4I_2 = 10$ .....(3)

ลูป $I_2$ : $-4I_1 + 10I_2 = 8$ .....(4)

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$\begin{bmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 10 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{aligned} D &= \begin{vmatrix} 9 & -4 \\ -4 & 10 \end{vmatrix} \\ &= (9 \times 10) - ((-4) \times (-4)) \\ &= 90 - 16 \\ &= 74 \end{aligned}$$

## ตัวอย่างที่ 10.12 (ต่อ)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & -4 \\ 8 & 10 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(10 \times 10) - (8 \times (-4))}{74}$$

$$= \frac{100 + 32}{74}$$

$$= 1.78$$

$$\therefore I_1 = 1.78\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 9 & 10 \\ -4 & 8 \end{vmatrix}}{D}$$

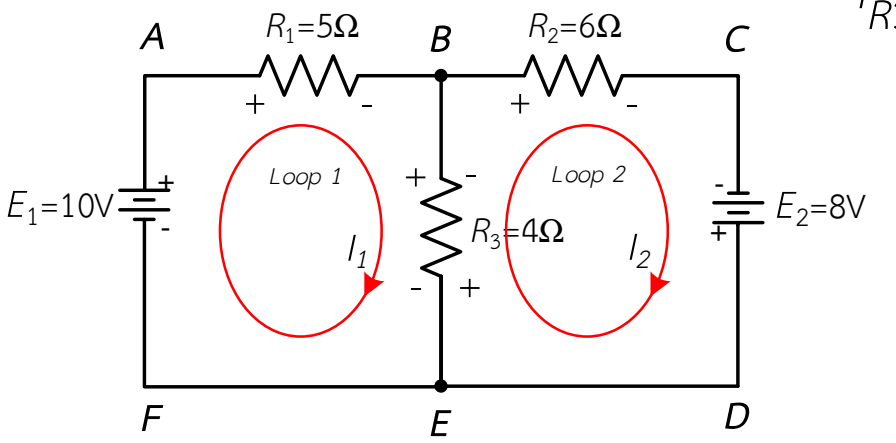
$$= \frac{(9 \times 8) - ((-4) \times 10)}{74}$$

$$= \frac{72 + 40}{74}$$

$$= 1.56$$

$$\therefore I_2 = 1.56\,\text{A}$$

## ตัวอย่างที่ 10.12 (ต่อ)




$I_{R3} = I_1 - I_2$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 1.78 - 1.59$

$= 0.22A$ (มีทิศทางลงตามทิศทางของ $I_1$)

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 1.78$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2 = 1.56$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_1 - I_2 = 0.22$ A

## ตัวอย่างที่ 10.12 (ต่อ)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & -4 \\ 8 & 10 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(10 \times 10) - (8 \times (-4))}{74}$$

$$= \frac{100 + 32}{74}$$

$$= 1.78$$

$$\therefore I_1 = 1.78\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 9 & 10 \\ -4 & 8 \end{vmatrix}}{D}$$

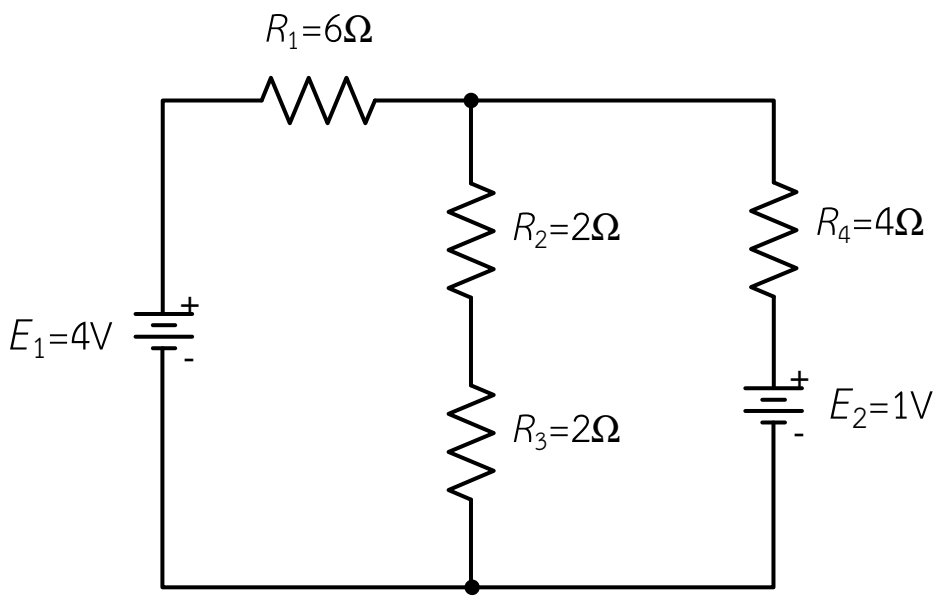
$$= \frac{(9 \times 8) - ((-4) \times 10)}{74}$$

$$= \frac{72 + 40}{74}$$

$$= 1.56$$

$$\therefore I_2 = 1.56\,\text{A}$$

**ตัวอย่างที่ 10.13** จากวงจรในรูปที่ 10.23 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมช

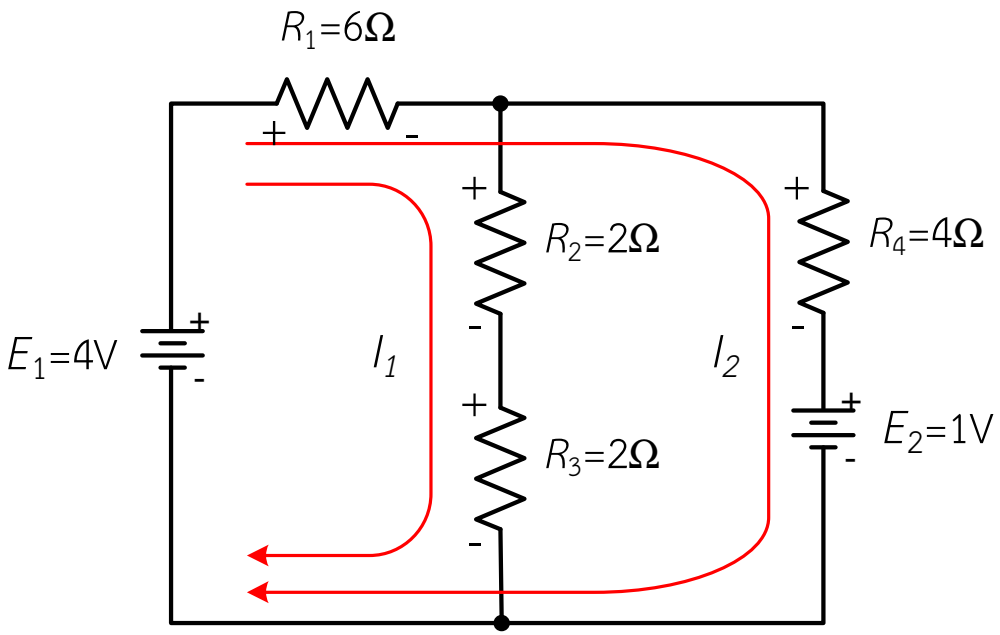



รูปที่ 10.23 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.13

## ตัวอย่างที่ 10.13 (ต่อ)

**วิธีทำ**

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.24




รูปที่ 10.24 แสดงการตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.13

## ตัวอย่างที่ 10.13 (ต่อ)

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ : $$(R_1 + R_2 + R_3)I_1 + R_1 I_2 - E_1 = 0$$

ลูป $I_2$ : $$R_1 I_1 + (R_1 + R_4)I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ : $$(6 + 2 + 2)I_1 + 6I_2 - 4 = 0$$

$$10I_1 + 6I_2 - 4 = 0 \quad \text{.....(1)}$$

ลูป $I_2$ : $$6I_1 + (6 + 4)I_2 + 1 - 4 = 0$$

$$6I_1 + 10I_2 - 3 = 0 \quad \text{.....(2)}$$

## ตัวอย่างที่ 10.13 (ต่อ)

**เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้**

ลูป $I_1$ : $10I_1 + 6I_2 = 4$ .....(3)

ลูป $I_2$ : $6I_1 + 10I_2 = 3$ .....(4)

**แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (2) จะได้**

$$\begin{bmatrix} 10 & 6 \\ 6 & 10 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 \\ 3 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 10 & 6 \\ 6 & 10 \end{vmatrix}$$

$$= (10 \times 10) - (6 \times 6)$$

$$= 100 - 36$$

$$= 64$$

## ตัวอย่างที่ 10.13 (ต่อ)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 6 \\ 3 & 10 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{(4 \times 10) - (3 \times 6)}{64}$$

$$= \frac{40 - 18}{20}$$

$$= 0.34$$

$$\therefore I_1 = 0.34\ \text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 4 \\ 6 & 3 \end{vmatrix}}{D}$$

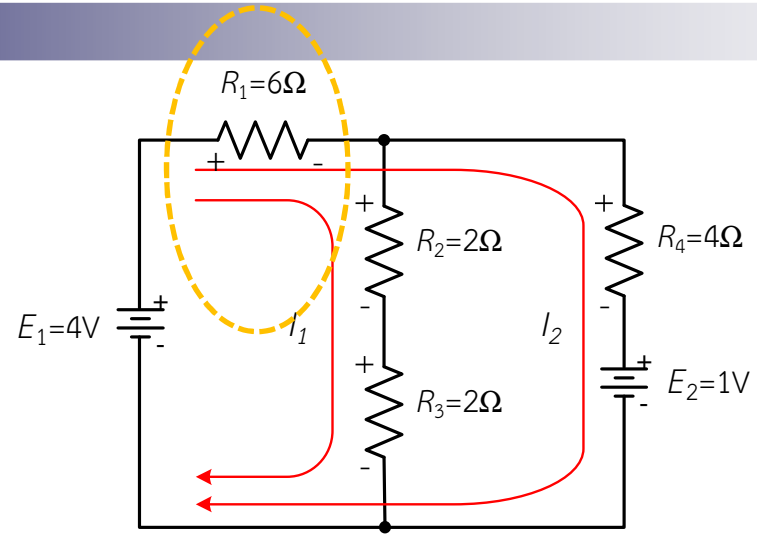
$$= \frac{(10 \times 3) - (6 \times 4)}{64}$$

$$= \frac{30 - 24}{64}$$

$$= 0.09$$

$$\therefore I_2 = 0.09\ \text{A}$$

## ตัวอย่างที่ 10.13 (ต่อ)




จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1$ คือ $I_1 + I_2$ ดังนั้นกระแสที่ผ่าน $R_1$ คือ

$$I_{R1} = I_1 + I_2$$ (ทิศทางกระแสไหลตามนำมารวมกัน)

$$= 0.34 + 0.09$$

$$= 0.43\text{A}$$ (มีทิศทางตามกำหนด)

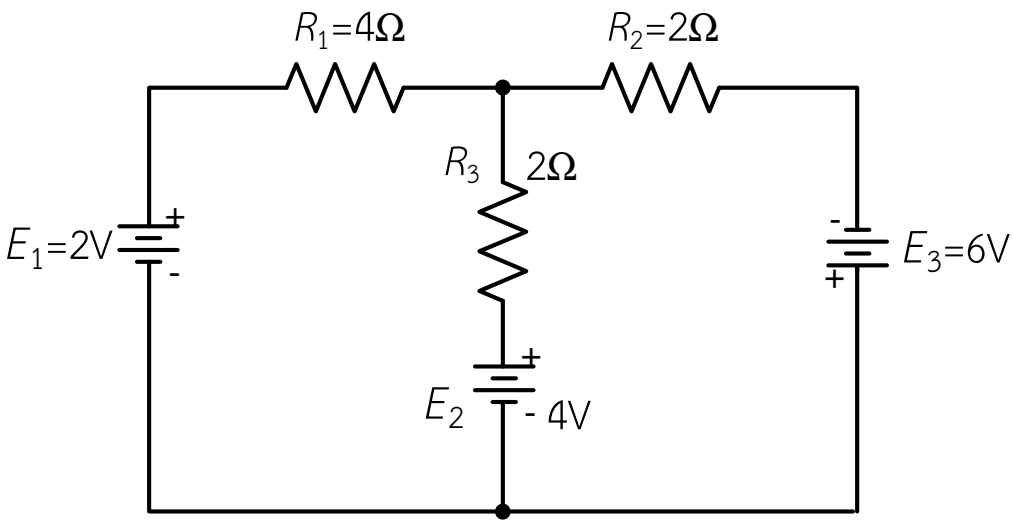
ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 + I_2 = 0.43$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_1 = 0.34$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_1 = 0.34$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_2 = 0.09$ A

**ตัวอย่างที่ 10.14** จากวงจรในรูปที่ 10.25 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

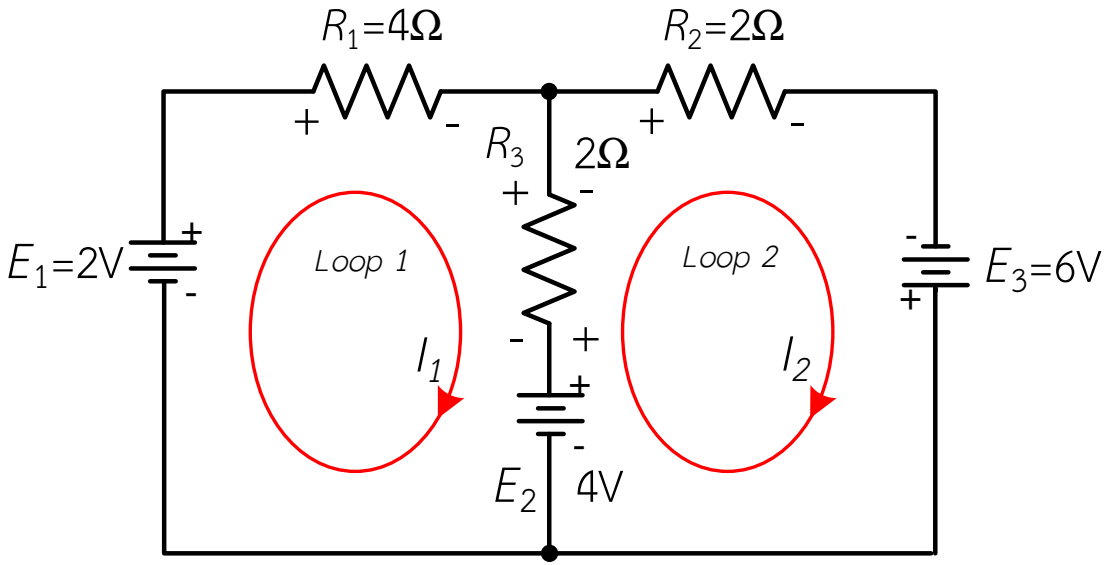



รูปที่ 10.25 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.14

# ตัวอย่างที่ 10.14 (ต่อ)

## วิธีทำ

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.26




รูปที่ 10.26 การตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทาน ในวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.14

## ตัวอย่างที่ 10.14 (ต่อ)

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ดังนี้

ลูป $I_1$ :
$$(R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

ลูป $I_2$ :
$$-R_3 I_1 + (R_3 + R_2)I_2 - E_3 - E_2 = 0$$

แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ :
$$(4+2)I_1 - 2I_2 + 4 - 2 = 0$$
$$6I_1 - 2I_2 + 2 = 0 \quad \text{.....(1)}$$

ลูป $I_2$ :
$$-2I_1 + (2+2)I_2 - 6 - 4 = 0$$
$$-2I_1 + 4I_2 - 10 = 0 \quad \text{.....(2)}$$

## ตัวอย่างที่ 10.14 (ต่อ)

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ : $6I_1 - 2I_2 = -2$ .....(3)

ลูป $I_2$ : $-2I_1 + 4I_2 = 10$ .....(4)

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$\begin{bmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 10 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 4 \end{vmatrix}$$

$$= (6 \times 4) - ((-2) \times (-2))$$

$$= 24 - 4$$

$$= 20$$

## ตัวอย่างที่ 10.14 (ต่อ)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -2 & -2 \\ 10 & 4 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{((-2)\times 4)-(10\times(-2))}{20}$$

$$= \frac{(-8)+20}{20}$$

$$= 0.6$$

$$\therefore I_1 = 0.6\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 6 & -2 \\ -2 & 10 \end{vmatrix}}{D}$$

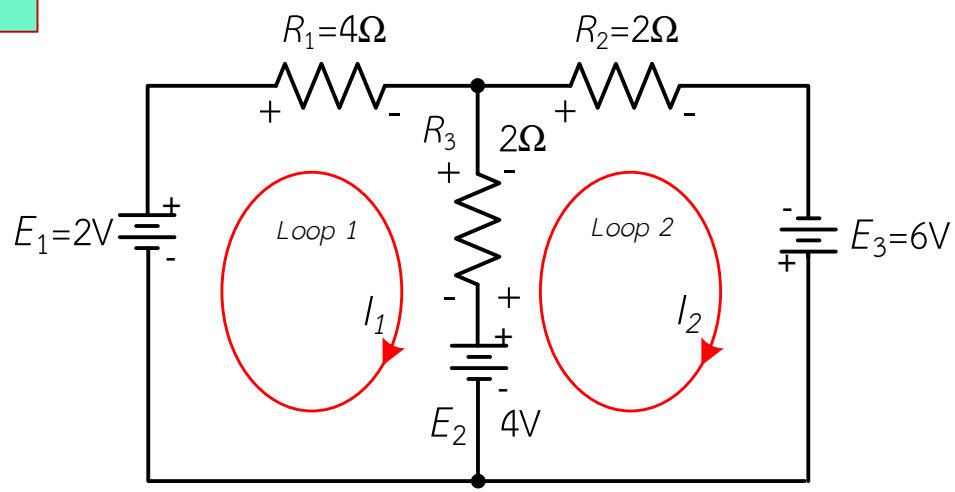
$$= \frac{(6\times 10)-((-2)\times(-2))}{20}$$

$$= \frac{60-4}{20}$$

$$= 2.8$$

$$\therefore I_2 = 2.8\,\text{A}$$

# ตัวอย่างที่ 10.14 (ต่อ)




$I_{R3} = I_2 - I_1$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 2.8 - 0.6$

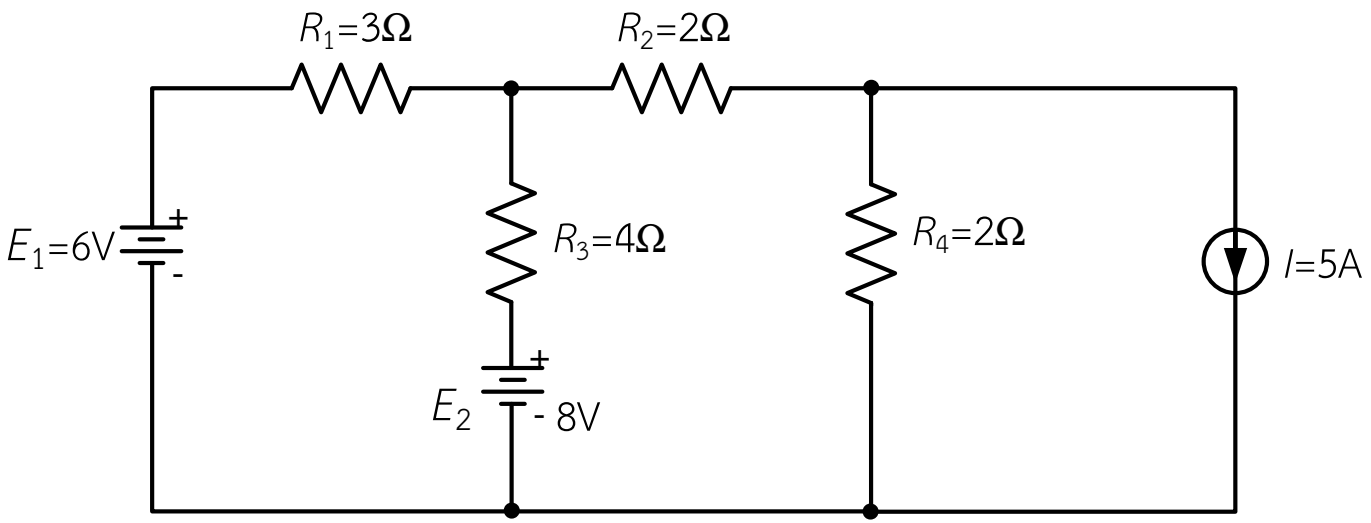
$I_{R3} = 2.2\,A$ (มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป $I_2$)

ดังนั้น กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 0.6$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2 = 2.8$ A

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2 - I_1 = 2.2$ A

**ตัวอย่างที่ 10.15** จากวงจรในรูปที่ 10.27 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัวโดยใช้วิธีกระแสเมช

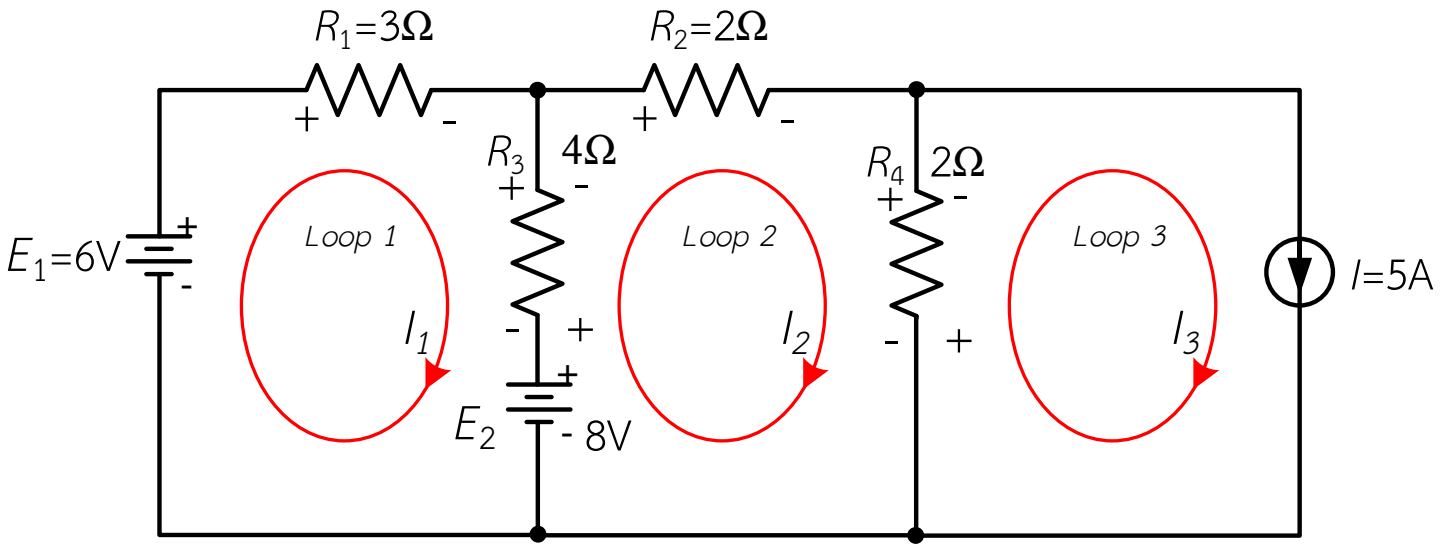



รูปที่ 10.27 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.15

# ตัวอย่างที่ 10.15 (ต่อ)

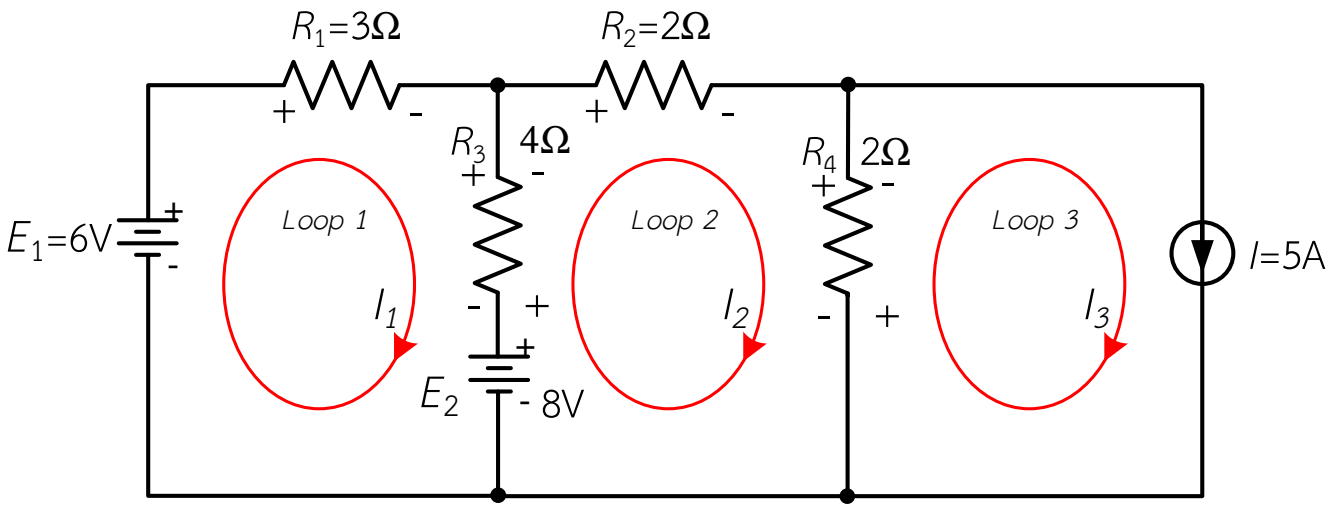
## วิธีทำ

ตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้าดังรูปที่ 10.28




รูปที่ 10.28 การตั้งชื่อลูป และกำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในวงจรไฟฟ้า

# ตัวอย่างที่ 10.15 (ต่อ)



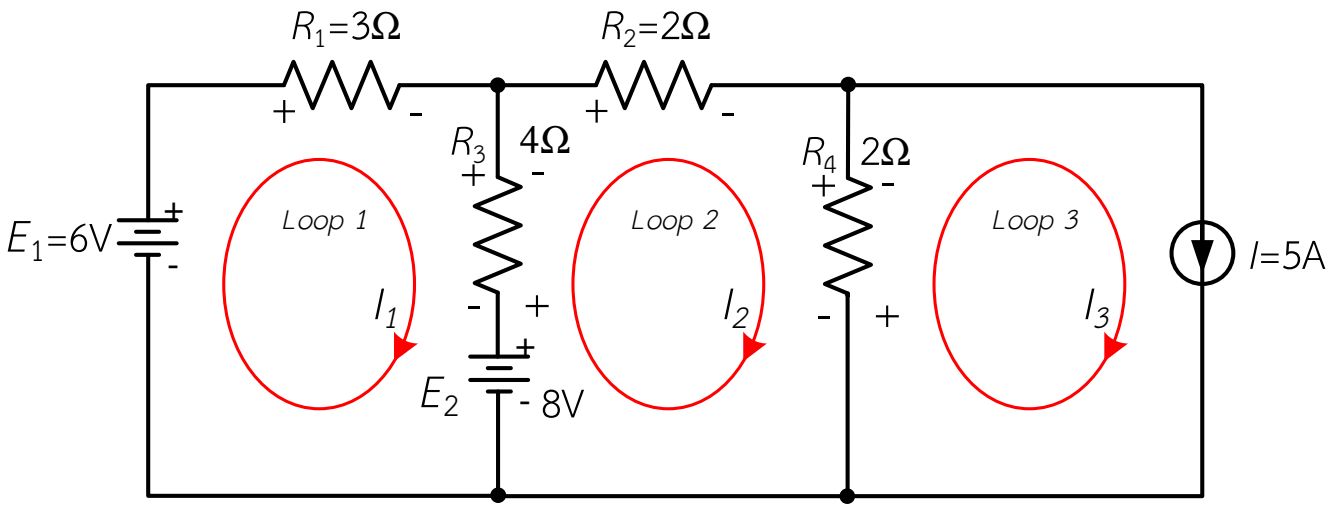

เขียนสมการกระแสเมชหรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์จะเป็นสมการเชิงเส้นได้สมการดังนี้

ลูป $I_1$ : $$(R_1 + R_3)I_1 - R_3 I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

ลูป $I_2$ : $$-R_3 I_1 + (R_3 + R_2 + R_4)I_2 - R_4 I_3 - E_2 = 0$$

ลูป $I_3$ : $$I_3 = 5\text{ A}$$

# ตัวอย่างที่ 10.15 (ต่อ)




แทนค่าที่ทราบจากวงจรไฟฟ้าลงในสมการเมช จะได้

ลูป $I_1$ :

$$(3+4)I_1 - 4I_2 + 8 - 6 = 0$$

$$7I_1 - 4I_2 + 2 = 0 \quad \text{.....} \quad (1)$$

ลูป $I_2$ :

$$-4I_1 + (4+2+2)I_2 - (2\times 5) - 8 = 0$$

$$-4I_1 + 8I_2 - 10 - 8 = 0 \quad \text{.....} \quad (2)$$

## ตัวอย่างที่ 10.15 (ต่อ)

เขียนสมการ (1) และ (2) ใหม่ได้ดังนี้

ลูป $I_1$ : $7I_1 - 4I_2 = -2$ ..... (3)

ลูป $I_2$ : $-4I_1 + 8I_2 = 18$ ..... (4)

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$\begin{bmatrix} 7 & -4 \\ -4 & 8 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -2 \\ 18 \end{bmatrix}$$

$$D = \begin{vmatrix} 7 & -4 \\ -4 & 8 \end{vmatrix}$$

$$= (7 \times 8) - ((-4) \times (-4))$$

$$= 56 - 16$$

$$= 40$$

## ตัวอย่างที่ 10.15 (ต่อ)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -2 & -4 \\ 18 & 8 \end{vmatrix}}{D}$$

$$= \frac{((-2)\times 8) - (18\times(-4))}{40}$$

$$= \frac{(-16)+72}{40}$$

$$= 1.4$$

$$\therefore I_1 = 1.4\,\text{A}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 7 & -2 \\ -4 & 18 \end{vmatrix}}{D}$$

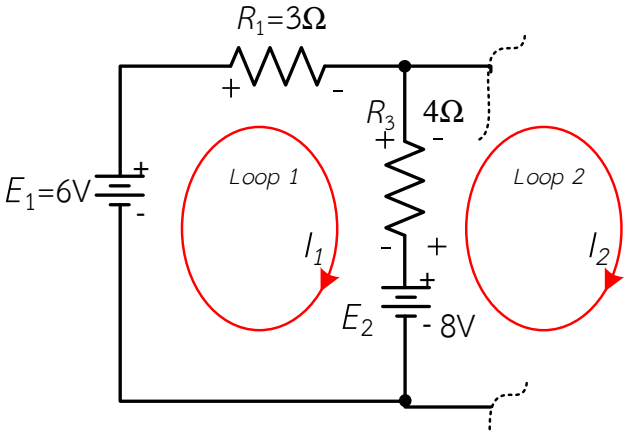
$$= \frac{(7\times 18) - ((-4)\times(-2))}{40}$$

$$= \frac{126-8}{40}$$

$$= 2.95$$

$$\therefore I_2 = 2.95\,\text{A}$$

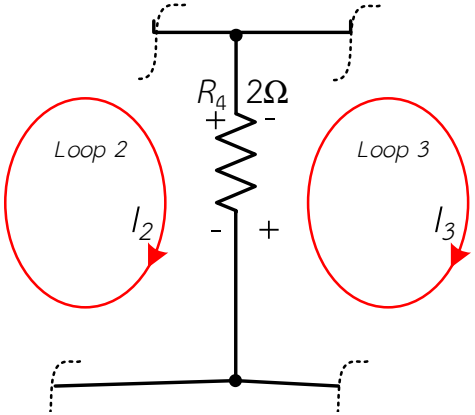
# ตัวอย่างที่ 10.15 (ต่อ)




$I_{R3} = I_2 - I_1$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 2.95 - 1.4$

$I_{R3} = 1.55\text{A}$ (มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป $I_2$)




$I_{R4} = I_3 - I_2$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 5 - 2.95$

$I_{R4} = 2.05\text{A}$ (มีทิศทางขึ้นตามกำหนดลูป $I_3$)

ดังนั้น

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_1 = I_1 = 1.4$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_1$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_2 = I_2 = 2.95$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_2$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_3 = I_2 - I_1 = 1.55$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_2$)

กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน $R_4 = I_3 - I_2 = 2.05$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

# 10.8.2 เขียนสมการลงในดีเทอร์มิแนนต์อย่างรวดเร็ว

$$\begin{bmatrix} \sum R(Loop\ I_1) & \sum R(I_1,I_2) & \sum R(I_1,I_3) \\ \sum R(I_1,I_2) & \sum R(Loop\ I_2) & \sum R(I_2,I_3) \\ \sum R(I_1,I_3) & \sum R(I_2,I_3) & \sum R(Loop\ I_3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \sum E(Loop\ I_1) \\ \sum E(Loop\ I_2) \\ \sum E(Loop\ I_3) \end{bmatrix}$$

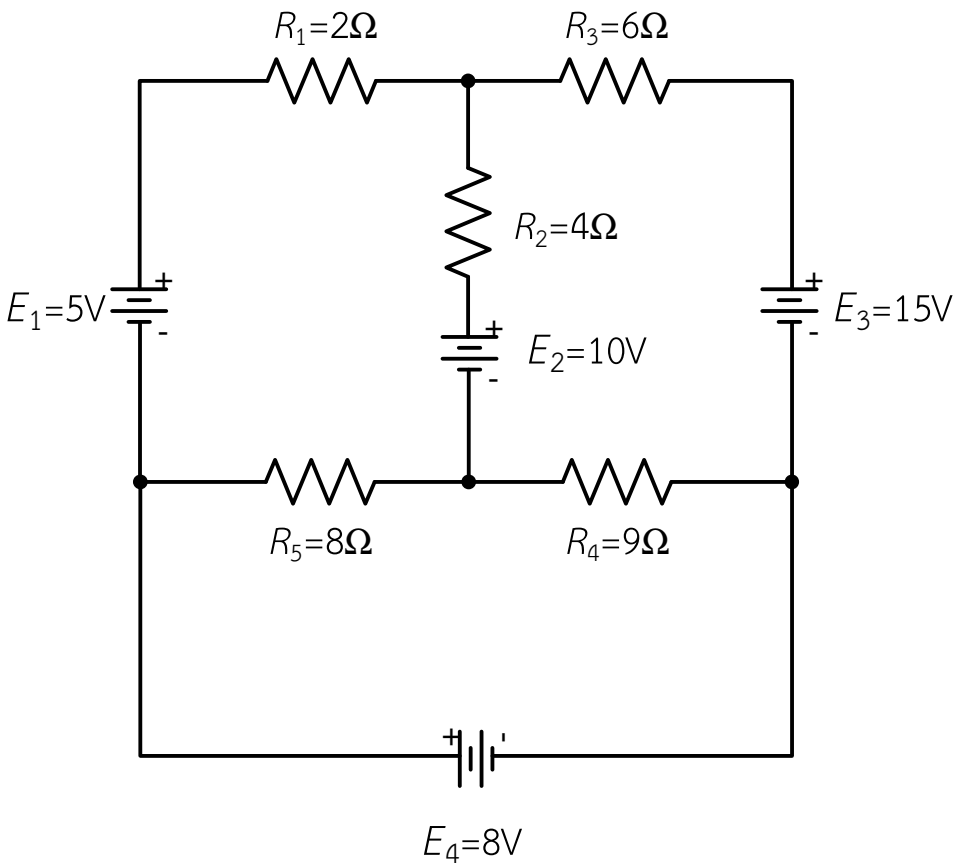
$\sum R(Loop I_1)$ **หมายถึง** ผลรวมของความต้านทานที่วงกระแสลูป $I_1$ ไหลผ่าน

$\sum R(I_1,I_2)$ **หมายถึง** ผลรวมของความต้านทานที่วงกระแสลูป $I_1$ และ $I_2$ ไหลผ่าน สัมพันธ์กัน ถ้าไหลสวนทางกันจะมีเครื่องหมาย (-) นำหน้า และถ้าไหลตามกันจะมีค่าเป็นบวก

$\sum R(I_1,I_3)$ **หมายถึง** ผลรวมของความต้านทานที่วงกระแสลูป $I_1$ และ $I_3$ ไหลผ่าน สัมพันธ์กัน ถ้าไหลสวนทางกันจะมีเครื่องหมาย (-) นำหน้า และถ้าไหลตามกันจะมีค่าเป็นบวก

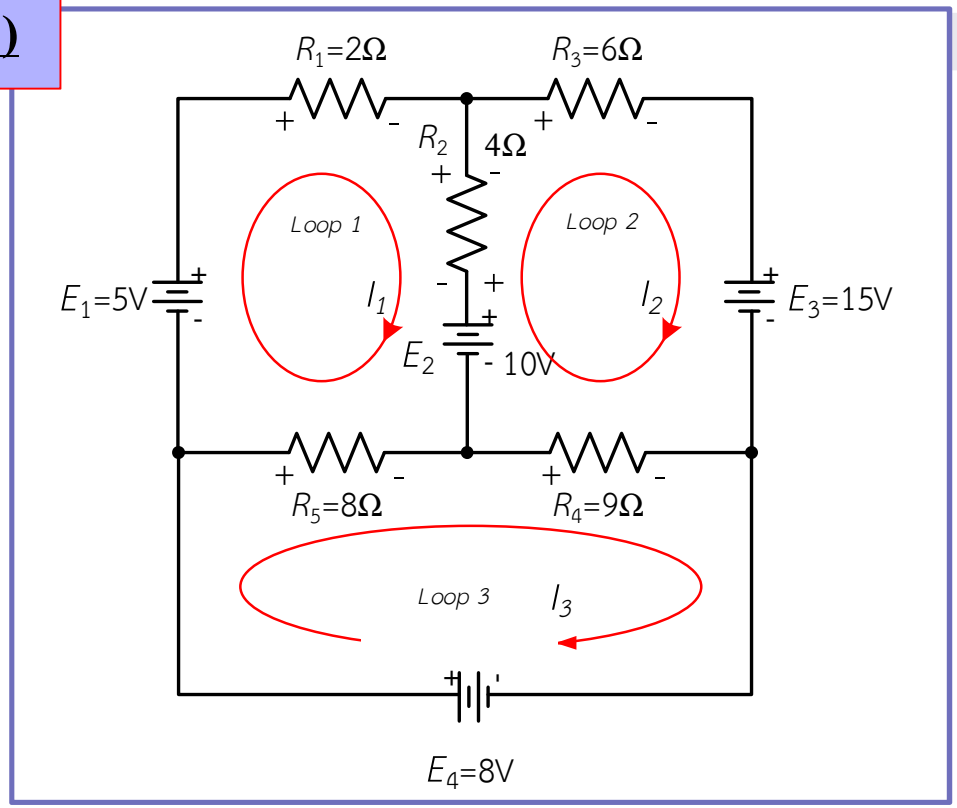
$\sum R(Loop I_1)$ **หมายถึง** ผลรวมของแหล่งจ่ายแรงดันที่วงกระแสลูป $I_1$ ไหลผ่าน ถ้าผลรวมผลลัพธ์ได้ค่าเป็นลบให้ใส่เป็นค่าบวก และถ้าผลรวมผลลัพธ์ได้ค่าเป็นบวกให้ใส่เป็นค่าลบ

**ตัวอย่างที่ 10.16** จากวงจรในรูปที่ 10.30 จงหากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว โดยใช้วิธีกระแสเมชและจงหาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร




รูปที่ 10.30 แสดงวงจรไฟฟ้าตามตัวอย่างที่ 10.16

# ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)




$$\begin{bmatrix} (R_1+R_2+R_5) & -R_2 & -R_3 \\ -R_2 & (R_2+R_3+R_4) & -R_4 \\ -R_5 & -R_4 & R_4+R_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} +E_1-E_2 \\ +E_2-E_3 \\ E_4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} (2+4+8) & -4 & -8 \\ -4 & (4+6+9) & -9 \\ -8 & -9 & 8+9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5-10 \\ 10-15 \\ 8 \end{bmatrix}$$

## ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)

$$\begin{bmatrix} (2+4+8) & -4 & -8 \\ -4 & (4+6+9) & -9 \\ -8 & -9 & 8+9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5-10 \\ 10-15 \\ 8 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 14 & -4 & -8 \\ -4 & 19 & -9 \\ -8 & -9 & 17 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \\ I_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -5 \\ -5 \\ 8 \end{bmatrix}$$

## ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)

แก้สมการโดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จะได้

$$D = \begin{vmatrix} 14 & -4 & -8 \\ -4 & 19 & -9 \\ -8 & -9 & 17 \end{vmatrix} \begin{matrix} 14 & -4 \\ -4 & 19 \\ -8 & -9 \end{matrix}$$

$$= \left\{ \begin{array}{l} \left[ (14 \times 19 \times 17) + ((-4) \times (-9) \times (-8)) + ((-8) + (-4)) \times (-9) \right] \\ -\left[ ((-8) \times 19 \times (-8)) + ((-9) \times (-9) \times 14) + (17 \times (-4) \times (-4)) \right] \end{array} \right\}$$

$$= (4522 - 288 - 288) - (1216 + 1134 + 272)$$

$$= 3946 - 2622$$

$$= 1324$$

## ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} -5 & -4 & -8 \\ -5 & 19 & -9 \\ 8 & -9 & 17 \end{vmatrix}\begin{matrix} -5 & -4 \\ -5 & 19 \\ 8 & -9 \end{matrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{matrix} \left[\left((-5)\times 19\times 17\right)+\left((-4)\times(-9)\times 8\right)+\left((-8)\times(-5)\times(-9)\right)\right] \\ -\left[\left(8\times 19\times(-8)\right)+\left((-9)\times(-9)\times(-5)\right)+\left(17\times(-5)\times(-4)\right)\right] \end{matrix}\right\}}{1324}$$

$$= \frac{(-1615+288-360)-(-1216-405+340)}{1324}$$

$$= \frac{-1687+1281}{1324}$$

$$= \frac{-406}{1324}$$

$$= -0.31$$

$$\therefore I_1 = -0.31\text{A}$$

## ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 14 & -5 & -8 \\ -4 & -5 & -9 \\ -8 & 8 & 17 \end{vmatrix} \begin{matrix} 14 & -5 \\ -4 & -5 \\ -8 & 8 \end{matrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{matrix} \left[(14\times(-5)\times 17)+((-5)\times(-9)\times(-8))+((-8)+(-4))\times 8\right] \\ -\left[((-8)\times(-5)\times(-8))+(8\times(-9)\times 14)+(17\times(-4)\times(-5))\right] \end{matrix}\right\}}{1324}$$

$$= \frac{(-1190-360+256)-(-320-1008+340)}{1324}$$

$$= \frac{-1294+988}{1324}$$

$$= \frac{-306}{1324}$$

$$= -0.23$$

$$\therefore I_2 = -0.23\,\text{A}$$

## ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)

$$I_3 = \frac{\begin{vmatrix} 14 & -4 & -5 \\ -4 & 19 & -5 \\ -8 & -9 & 8 \end{vmatrix} \begin{matrix} 14 & -4 \\ -4 & 19 \\ -8 & -9 \end{matrix}}{D}$$

$$= \frac{\left\{\begin{matrix} \left[(14\times19\times8)+((-4)\times(-5)\times(-8))+((-5)+(-4))\times(-9)\right] \\ -\left[((-8)\times19\times(-5))+((-9)\times(-5)\times14)+(8\times(-4)\times(-4))\right] \end{matrix}\right\}}{1324}$$

$$= \frac{(2128-160-180)-(760+630+128)}{1324}$$

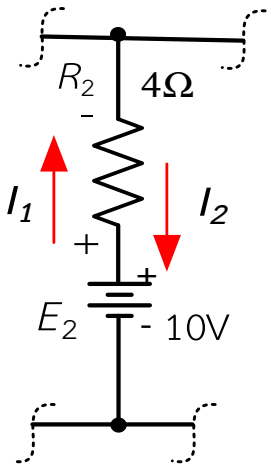
$$= \frac{1788-1518}{1324}$$

$$= \frac{270}{1324}$$

$$= 0.2$$

$$\therefore I_3 = 0.2\,\text{A}$$

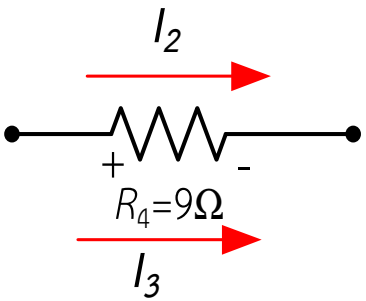
# ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)




$I_{R2} = I_1 - I_2$ (เอากระแสที่มากกว่าเป็นตัวตั้ง)

$= 0.31 - 0.23$

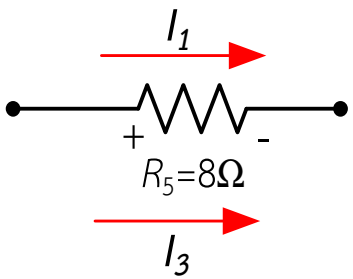
$I_{R2} = 0.08\,A$ (มีทิศทางลงตามกำหนดลูป $I_1$)




$I_{R4} = I_3 + I_2$

$= 0.2 + 0.23$

$I_{R4} = 0.43\,A$ (มีทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

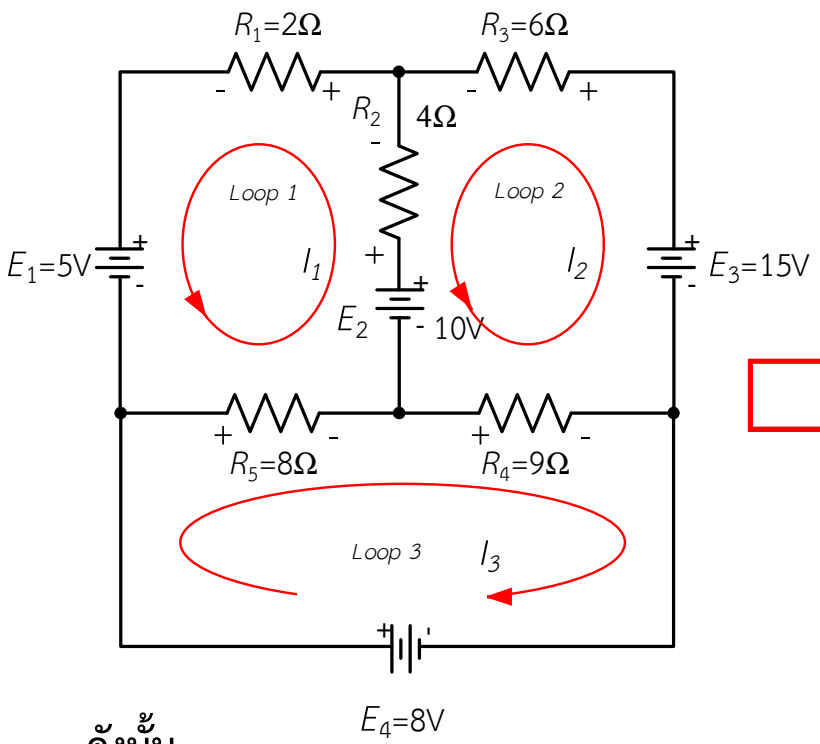


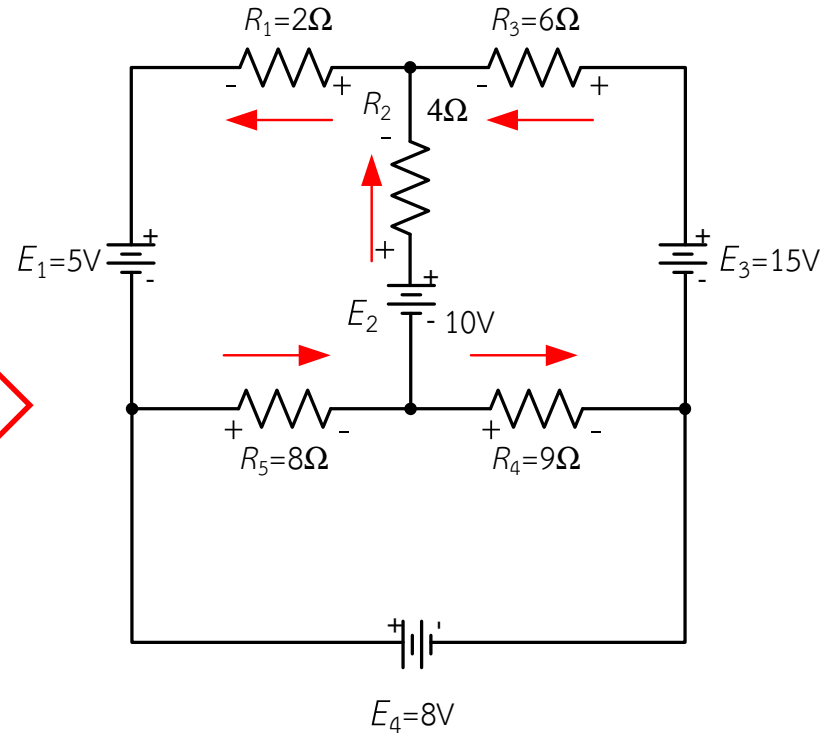

$I_{R5} = I_3 + I_1$

$= 0.2 + 0.31$

$I_{R4} = 0.51\,A$ (มีทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

# ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)




**ดังนั้น**

**กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน** $R_1 = I_1 = 0.31$ A (ทิศทางตรงกันข้ามตามกำหนดลูป $I_1$)

**กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน** $R_2 = I_1 - I_2 = 0.23$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_1$)

**กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน** $R_3 = I_2 = 0.08$ A (ทิศทางตรงกันข้ามตามกำหนดลูป $I_2$)

**กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน** $R_4 = I_3 + I_2 = 0.43$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

**กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน** $R_5 = I_3 + I_1 = 0.51$ A (ทิศทางตามกำหนดลูป $I_3$)

## ตัวอย่างที่ 10.16 (ต่อ)

# หาค่าแรงดันตกคร่อมตัวต้านทุกตัวในวงจร

$$V_{R1} = I_{R1} \times R_1 = 0.31\,\text{A} \times 2\,\Omega = 0.62\,\text{V}$$

$$V_{R2} = I_{R2} \times R_2 = 0.23\,\text{A} \times 4\,\Omega = 0.92\,\text{V}$$

$$V_{R3} = I_{R3} \times R_3 = 0.08\,\text{A} \times 6\,\Omega = 0.48\,\text{V}$$

$$V_{R4} = I_{R4} \times R_4 = 0.43\,\text{A} \times 9\,\Omega = 3.87\,\text{V}$$

$$V_{R5} = I_{R5} \times R_5 = 0.51\,\text{A} \times 8\,\Omega = 4.08\,\text{V}$$

# สรุป

**วิธีกระแสเมชมีขั้นตอนนำไปใช้วิเคราะห์วงจรไฟฟ้าดังนี้**

1. สมมุติทิศทางกระแสไฟฟ้าในวงปิด

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศการไหลของกระแสไฟฟ้า

3. ใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์เขียนสมการแรงดันไฟฟ้า

4. แทนค่าความต้านทาน ค่าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายหรือค่าอื่น ๆ ที่มีในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าตัวที่ไม่ทราบค่า ด้วยวิธีการกำจัดตัวแปรหรือวิธีดีเทอร์-มิแนนต์