	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1</b>	<b>หน่วยที่ 1</b>
	<b>ชื่อวิชา</b> วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	<b>ชื่อหน่วย</b> ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 1-2/18
<b>ชื่อเรื่อง</b> พื้นฐานไฟฟ้ากระแสสลับ	จำนวน 8 คาบ	

### หัวข้อเรื่อง

- |                      |                        |
|----------------------|------------------------|
| 1.1 อะตอม            | 1.2 ประจุไฟฟ้า         |
| 1.3 แรงดันไฟฟ้า      | 1.4 กระแสไฟฟ้า         |
| 1.5 ความต้านทานไฟฟ้า | 1.6 วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น |
| 1.7 การวัดทางไฟฟ้า   | 1.8 สูตรสาระสำคัญ      |

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าเกี่ยวกับเซลล์ไฟฟ้า

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

- |  |   |
|--|---|
| 1. อธิบายความหมายและองค์ประกอบของอะตอม                 | 2. อธิบายการเกิดอิเล็กตรอนอิสระ                               |
| 3. บอกการเกิดไอออนบวกและไอออนลบ                        | 4. บอกประเภทของสาร  |
| 5. คำนวณประจุไฟฟ้า                                     | 6. อธิบายความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า พลังงานไฟฟ้าและประจุไฟฟ้า |
| 7. คำนวณแรงดันไฟฟ้า                                    | 8. อธิบายความหมายของเซลล์กัลวานิก                             |
| 9. คำนวณช่วงเวลาใช้งานของแบตเตอรี่                     | 10. อธิบายความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าและเวลา         |
| 11. คำนวณกระแสไฟฟ้า                                    | 12. อธิบายความหมายของความต้านทานไฟฟ้า                         |
| 13. คำนวณค่าความนำไฟฟ้า                                | 14. บอกชนิดของตัวต้านทานและยกตัวอย่าง                         |
| 15. อ่านค่ารหัสแถบสีและรหัสตัวเลขตัวอักษรของตัวต้านทาน |   |
| 16. บอกองค์ประกอบของวงจรไฟฟ้า                          | 17. อธิบายวิธีการวัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า                    |
| 18. อธิบายวิธีการวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า              | 19. อธิบายวิธีการวัดความต้านทานในวงจรไฟฟ้า                    |

#### ด้านทักษะ

- |                           |  |
|---------------------------|--|
| 1. ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบอนุกรม | 2. ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบขนาน                          |
| 3. ต่อเซลล์ไฟฟ้าแบบผสม    | 4. ใช้มัลติมิเตอร์วัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้า |

## ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกด้านความสนใจใฝ่รู้ การตรงต่อเวลา ความซื่อสัตย์ สุจริต ความมีน้ำใจและแบ่งปัน  
ความร่วมมือ/ยอมรับความคิดเห็นส่วนใหญ่

## เนื้อหาสาระ

### 1.1 อะตอม

อะตอม ประกอบด้วยอนุภาคที่เล็กลงไปอีกซึ่งเป็นที่มีความสำคัญทางไฟฟ้า อนุภาคนี้คือ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน ส่วนตรงกลางของอะตอมเรียกว่า นิวเคลียส ประกอบด้วยประจุไฟฟ้าที่เป็นบวก เรียกว่า โปรตอน และประจุไฟฟ้าที่เป็นกลางทางไฟฟ้า (หรือไม่มีประจุไฟฟ้า) เรียกว่า นิวตรอน ส่วนอิเล็กตรอนจะเป็นประจุไฟฟ้าลบ

### 1.2 ประจุไฟฟ้า

ประจุไฟฟ้ามี 2 ชนิด คือ ประจุไฟฟ้าบวก ได้แก่ โปรตอน และประจุไฟฟ้าลบ ได้แก่ อิเล็กตรอน ทั้งโปรตอนและอิเล็กตรอนมีประจุไฟฟ้าเท่ากันคือ  $1.6 \times 10^{-19}$  คูลอมบ์

### 1.3 แรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า คือ ความต่างศักย์ไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างจุดสองจุด ความต่างศักย์ไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์ (Volt) ถ้าแทนความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างจุดสองจุดในวงจร ไฟฟ้าด้วยค่าของแรงดันไฟฟ้า ความต่างของค่าที่ได้นี้คือ แรงดันไฟฟ้า ซึ่งเป็นแรงที่เกิดจากพลังงานไฟฟ้า และเป็นแรงดันที่ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้า

ขั้วหรือทิศทางของแรงดันไฟฟ้านั้นจะกำหนดให้มีทิศทางจากศักย์ไฟฟ้าต่ำไปสู่จุดศักย์ไฟฟ้าสูง ดังนั้นเซลล์ไฟฟ้าจะกำหนดทิศทางเป็นมาตรฐานตามทิศทางกระแสไฟฟ้าทั่วไป และแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านโหลดนั้น

แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้า (Sources of Voltage) คือ แหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรงที่สามารถจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ แหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้อยู่ทั่วไป คือ ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่ เซลล์แสงอาทิตย์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าและเพาเวอร์ซัพพลาย

### 1.4 กระแสไฟฟ้า

กระแสไฟฟ้าเกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุไฟฟ้าในตัวนำไฟฟ้า ประจุไฟฟ้าที่เคลื่อนที่ คือ อิเล็กตรอน การกำหนดทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เป็นมาตรฐานคือ ทิศทางการเคลื่อนที่ของประจุบวกหรือทิศทางกระแสไฟฟ้าทั่วไป ซึ่งมีทิศทางตรงกันข้ามกับทิศทางกระแสไฟฟ้าอิเล็กตรอน

ประจุไฟฟ้ามีหน่วยเป็น คูลอมบ์ (C) แรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็น โวลต์ (V) กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A) ความจุพลังงานของแบตเตอรี่มีหน่วยเป็น แอมแปร์-ชั่วโมง (Ah) และพลังงานไฟฟ้า หน่วยเป็น จูล (J)

## 1.5 ความต้านทานไฟฟ้า

ความต้านทานไฟฟ้า 1 โอห์ม คือ ความต้านทานไฟฟ้าของสารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน 1 แอมแปร์ เมื่อป้อนแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานนั้นเท่ากับ 1 โวลต์ มีหน่วยวัดเป็น โอห์ม (Ohm) ใช้สัญลักษณ์อักษรกรีกเรียกว่า โอเมกา แทนด้วย “ $\Omega$ ”

ตัวต้านทานแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดค่าคงที่และชนิดที่เปลี่ยนแปลงค่าได้ ตัวต้านทานค่าคงที่ เช่น ตัวต้านทานแบบถ่าน แบบฟิล์ม และแบบไวร์วาวด์ เป็นต้น ส่วนตัวต้านทานที่เปลี่ยนแปลงค่าแบ่งเป็นตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงค่าได้ด้วยมือ คือ โปเทนชิโอมิเตอร์ และรีโอสแตด และตัวต้านทานเปลี่ยนแปลงค่าได้อัตโนมัติ มีอยู่ 2 ชนิดคือ เทอร์มิสเตอร์ และโฟโตคอนดักตีฟเซลล์

ตัวต้านทานชนิดค่าคงที่จะอ่านค่าโดยใช้รหัสแถบสี และรหัสตัวเลขตัวอักษร

## 1.6 วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

วงจรไฟฟ้าจะประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ แหล่งจ่ายไฟฟ้า (Source) ตัวนำไฟฟ้า (Wire) และภาระทางไฟฟ้า (Load) และจะต้องให้ความสำคัญกับแรงดันไฟฟ้าก่อนกระแสไฟฟ้า

## 1.7 การวัดทางไฟฟ้า

แอมมิเตอร์ใช้วัดกระแสไฟฟ้า โดยต่ออนุกรมกับโหลดที่ต้องการวัด

โวลต์มิเตอร์ใช้วัดแรงดันไฟฟ้า โดยต่อคร่อม (ขนาน) กับโหลดที่ต้องการวัด

โอห์มมิเตอร์ใช้วัดความต้านทานไฟฟ้า โดยต่อคร่อม (ขนาน) กับโหลดที่ต้องการวัดและโหลดนั้นต้องไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน

## กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 1/18, คาบที่ 1-4/72)

1. ครูชี้แจงรายละเอียดเกี่ยวกับจุดประสงค์ สมรรถนะและคำอธิบายรายวิชา การวัดผลและประเมินผลการเรียน คุณลักษณะนิสัยที่ต้องการให้เกิดขึ้น และข้อตกลงในการเรียน
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 1
3. แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 4-5 คน และครูให้หนังสือเรียน
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียน
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระทั้งหมด โดยบรรยาย ถามตอบประกอบสื่อเพาเวอร์พอยต์และของจริง
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่ม ๆ ละ 1 ข้อ ตามความสมัครใจ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายสรุปบทเรียน
8. ครูมอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากการทำในชั้นเรียนเป็นการบ้าน
9. ครูและนักเรียนร่วมทำความสะอาดเครื่องมือ อุปกรณ์และซ่อมแซมที่ชำรุดเพื่อเตรียมการนำไปทดลอง

## กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 2/18, คาบที่ 5-8/72)

1. ครูขานชื่อนักเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหา จากการสอนครั้งที่ 1 โดยการถามตอบและยกตัวอย่างของจริงและนักเรียนส่งการบ้าน
3. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
4. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระเกี่ยวกับการใช้มัลติมิเตอร์ โดยบรรยาย ถามตอบประกอบสื่อเพาเวอร์พอยต์และของจริง
5. ชั้น A นักเรียนทำตามใบงานที่ 1 เรื่องเซลล์ไฟฟ้าและการวัดทางไฟฟ้า เป็นกลุ่ม ขณะนักเรียนทำการทดลองครูจะสังเกตการทำงานกลุ่มและประเมินผล
6. ชั้น P นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง เป็นรายกลุ่มและร่วมสรุปผล
7. นักเรียนเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดห้องเรียน
8. นักเรียนทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 1

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 1, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

## การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 1	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 1	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

## งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากในชั้นเรียนให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 1 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 1 เรื่องเซลล์ไฟฟ้าและการวัดทางไฟฟ้า และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 1 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงศักดิ์ หมินกำหริม. **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002.** (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts.**
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis.**
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals.**
7. Robbins, Allan H. & Miller, Wilhelm C. (2004). **Circuit Analysis with Devices: Theory and Practice.**

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....


(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2</b>	<b>หน่วยที่ 2</b>
	<b>ชื่อวิชา</b> วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	<b>ชื่อหน่วย</b> กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน	สอนครั้งที่ 3/18
<b>ชื่อเรื่อง</b> กฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- |                                  |                              |
|----------------------------------|------------------------------|
| 2.1 กฎของโอห์ม                   | 2.2 การประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม |
| 2.3 กำลังงานและพลังงาน           | 2.4 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า    |
| 2.5 อัตรากำลังไฟฟ้าของตัวต้านทาน | 2.6 สูตรสาระสำคัญ            |

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับกฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าตามกฎของโอห์ม

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายกฎของโอห์ม
2. คำนวณค่าในวงจรไฟฟ้าโดยใช้กฎของโอห์ม
3. อธิบายกำลังงานและพลังงาน
4. คำนวณกำลังงานและพลังงานตามโจทย์กำหนด
5. คำนวณกำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าตามโจทย์กำหนด
6. เลือกใช้อัตรากำลังไฟฟ้าของตัวต้านทาน

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลองกฎของโอห์ม
2. วัดแรงดันไฟฟ้าตามการทดลองกฎของโอห์ม
3. วัดกระแสไฟฟ้าตามการทดลองกฎของโอห์ม
4. บันทึกข้อมูลในการทดลองกฎของโอห์ม
5. วิเคราะห์ข้อมูลในการทดลองกฎของโอห์ม
6. เขียนสรุปผลการทดลองกฎของโอห์ม

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงการตรงต่อเวลา ความสนใจใฝ่รู้ ไม่หยิ่งที่จะแก้ปัญหา ความซื่อสัตย์ ความ

ร่วมมือ

### เนื้อหาสาระ

#### 2.1 กฎของโอห์ม

กฎของโอห์ม (Ohm's Law) ซึ่งกล่าวว่า “ในวงจรไฟฟ้าใด ๆ กระแสไฟฟ้าจะแปรผันตรงกับแรงดันไฟฟ้าและแปรผกผันกับความต้านทานไฟฟ้า” ซึ่งเป็นกฎพื้นฐานที่มีประโยชน์มากในทางไฟฟ้าและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ดีกับความต้านทานที่เป็นเชิงเส้น เช่น ตัวต้านทานแบบถ่าน เป็นต้น

กฎของโอห์มจะอธิบายถึงความสัมพันธ์ของกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้า เป็นไปตามสูตร  $I = E/R$ ,  $R = E/I$  และ  $E = I \times R$

## 2.2 การประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม

การประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม จะต้องระมัดระวังในเรื่องปริมาณที่เป็นอุปสรรค เนื่องจากค่าในวงจรไฟฟ้ามีมากมายหลายขนาดจึงต้องแปลงค่าให้สามารถคำนวณได้ง่าย

## 2.3 กำลังงานและพลังงาน

กำลังงาน คือ อัตราเวลาของการทำงาน เป็นไปตามสูตร  $P = W/t$  มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาที หรือวัตต์ หรือ ฟุต-ปอนด์ต่อวินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับระบบที่ใช้เรียก

พลังงาน คือ ความสามารถในการทำงานหรือกำลังงานที่ใช้ไปใน 1 หน่วยเวลา เป็นไปตามสูตร  $W = P \times t$  มีหน่วยเป็น จูล และหน่วยเรียกของ “พลังงานไฟฟ้า” หรือหน่วยการใช้ไฟฟ้านิยมเรียกว่า กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือ ยูนิท หมายถึง พลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการใช้กำลังไฟฟ้า 1,000 วัตต์ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง

## 2.4 กำลังไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปบนตัวต้านทานจะกระจายออกมาในรูปความร้อน โหลดอื่นที่เป็นความต้านทาน เช่น หลอดไฟจะกระจายในรูปความร้อนร่วมกับแสงสว่าง การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่กระจายออกมาในรูปความร้อนจะคำนวณเช่นเดียวกับกำลังไฟฟ้าทั่วไปตามสูตร  $P = E \times I$ ,  $P = E^2/R$  และ  $P = I^2/R$  มีหน่วยเป็นวัตต์

## 2.5 อัตราค่ากำลังไฟฟ้าของตัวต้านทาน

การเลือกใช้ขนาดของตัวต้านทานจะขึ้นอยู่กับอัตราการทนต่อกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปบนตัวต้านทานนั้น และควรใช้ค่าอัตราค่ากำลังไฟฟ้ามากกว่าค่ากำลังไฟฟ้าที่คำนวณได้

## กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 3/18, คาบที่ 9-12/72)

1. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนเรื่อง วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น
2. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 2
3. แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 คน
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 2 เรื่อง กฎของ โอห์ม ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่มและร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 2



## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 2, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับกฎของโอห์ม กำลังงานและพลังงาน, อินเทอร์เน็ต  
www.google.com

## การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 2	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 2	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

## งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

## ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 2 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 2 เรื่องกฎของโอห์ม และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 2 และผ่านเกณฑ์

## เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงค์ศักดิ์ หมินก้าหริ่ม. **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002**. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course**.
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.

### บันทึกหลังการสอน

#### 1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....


(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3</b>	<b>หน่วยที่ 3</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรอนุกรม	สอนครั้งที่ 4/18
ชื่อเรื่อง วงจรอนุกรม		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| 3.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม        | 3.2 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม                 |
| 3.3 ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม       | 3.4 กฎของโอห์มในวงจรอนุกรม                 |
| 3.5 การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรม           | 3.6 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรอนุกรม |
| 3.7 กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม | 3.8 กำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรม                 |
| 3.9 สรุปสาระสำคัญ                    |  |

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรอนุกรม
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรอนุกรม

### จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ด้านความรู้

1. บอกความหมายของการต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม
2. บอกคุณสมบัติของกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม
3. คำนวณความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม
4. อธิบายกฎของโอห์มในวงจรอนุกรม
5. คำนวณวงจรอนุกรมโดยใช้กฎของโอห์ม
6. อธิบายผลของการต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรม
7. อธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรอนุกรม
8. คำนวณวงจรอนุกรมโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
9. คำนวณวงจรอนุกรมโดยใช้กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า
10. คำนวณกำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

#### ด้านทักษะ

- |                               |                                  |
|-------------------------------|----------------------------------|
| 1. ต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม     | 2. วัดความต้านทานที่ต่อแบบอนุกรม |
| 3. วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม | 4. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม     |
| 5. บันทึกข้อมูลตามการทดลอง    | 6. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลอง   |
| 7. เขียนสรุปผลการทดลอง        |                                  |

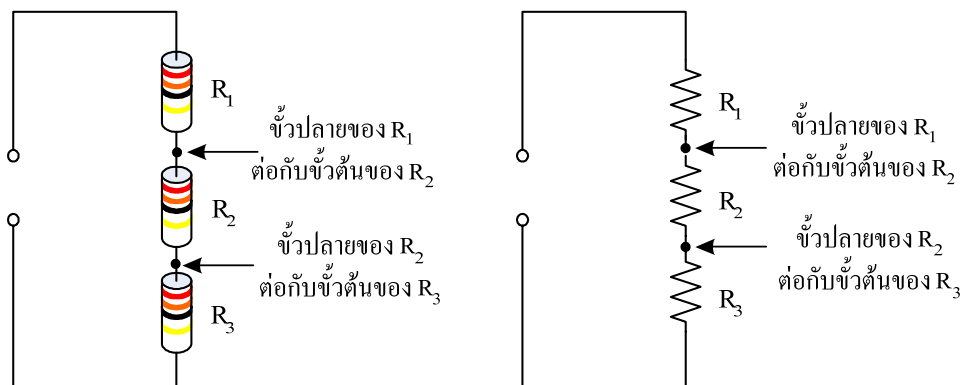
## ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบและความเชื่อมั่นในตนเอง

### เนื้อหาสาระ

#### 3.1 การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรม คือ การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อเรียงลำดับกัน แสดงดังรูป ตัวต้านทานนำมาต่อเรียงกันในเส้นเดียวกันโดยที่ขั้วปลายหนึ่งของตัวต้านทานตัวที่ 1 ต่อกับขั้วต้นหนึ่งของตัวต้านทานที่ 2 ขั้วปลายที่เหลือของตัวต้านทานที่ 2 ต่อกับขั้วต้นหนึ่งของตัวต้านทานตัวต่อไป ซึ่งจะต่อแบบนี้เรียงกันไปเรื่อย ๆ



ก) การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมแสดงเป็นรูปเสมือน ข) การต่อตัวต้านทานแบบอนุกรมแสดงเป็นสัญลักษณ์

**รูป** ตัวต้านทาน 3 ตัวต่อแบบอนุกรม

#### 3.2 กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

กระแสไฟฟ้าในวงจรอนุกรมมีเพียงค่าเดียวที่ไหลผ่านตัวต้านทานทุกตัว

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

มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

#### 3.3 ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรม

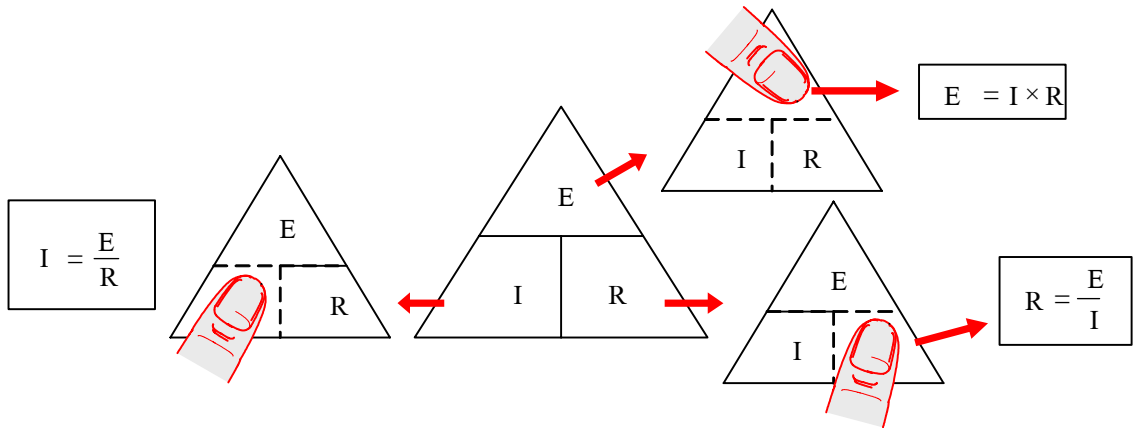
ความต้านทานรวมในวงจรอนุกรมจะเท่ากับผลรวมของความต้านทานของตัวต้านทานทุกตัว เขียนเป็นสมการได้ดังสมการ

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

มีหน่วยเป็น โอห์ม ( $\Omega$ )

#### 3.4 กฎของโอห์มในวงจรอนุกรม

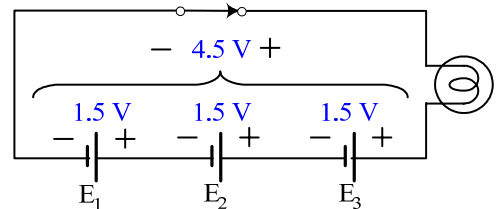
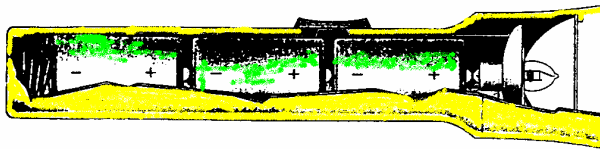
การหากฎของโอห์มโดยอาศัยสามเหลี่ยมกฎของโอห์ม ดังรูป ซึ่งจะช่วยให้เกิดการประยุกต์ใช้ และจำสูตรได้ดี



**รูป** การใช้สามเหลี่ยมกฎของโอห์ม เมื่อต้องการหาค่าใดก็ปิดค่านั้น

### 3.5 การต่อเซลล์ไฟฟ้าอนุกรม

การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าอนุกรม แสดงตัวอย่างดังรูป



ก) เซลล์ไฟฟ้าต่อแบบอนุกรมในไฟฉาย

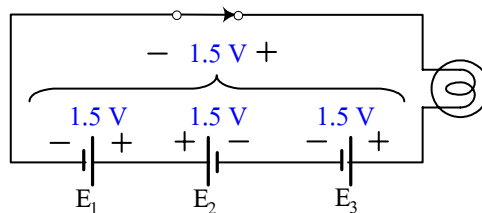
ข) วงจรไฟฟ้าของไฟฉาย

**รูป** การต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าอนุกรม

จากรูป เขียนผลรวมทางพีชคณิตของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแต่ละตัวได้คือ

$$E_T = E_1 + E_2 + E_3 = 1.5 + 1.5 + 1.5 = 4.5 \text{ V}$$

ถ้าแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าที่นำมาต่ออนุกรมที่มีทิศทางหักล้างกัน (Series-opposing) แรงดันไฟฟ้าที่มีทิศทางหักล้างกันนั้นจะลบออกจากกัน แสดงดังรูป



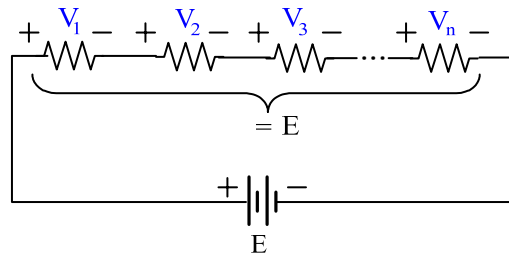
**รูป** แรงดันไฟฟ้าที่มีทิศทางหักล้างกันจะลบออกจากกัน

จากรูป เขียนผลรวมทางพีชคณิตของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าแต่ละตัวได้คือ

$$E_T = E_1 - E_2 + E_3 = 1.5 - 1.5 + 1.5 = 1.5 \text{ V}$$

### 3.6 กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรอนุกรม

กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ อธิบายได้ดังนี้



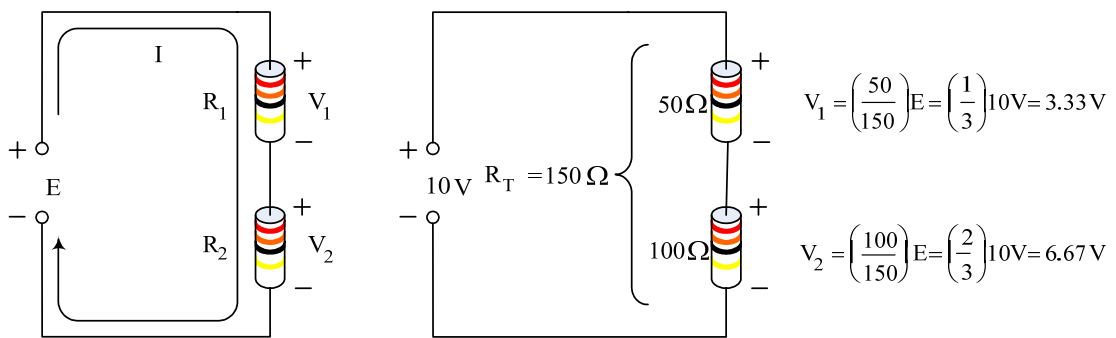
รูป ประกอบการอธิบายกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

จากรูป เขียนสมการผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรไฟฟ้าปิดใด ๆ จะเท่ากับศูนย์ ได้ดังสมการ

$$E = V_1 + V_2 + V_3 + \dots + V_n \quad \text{หรือ} \quad E - V_1 - V_2 - V_3 - \dots - V_n = 0$$

### 3.7 กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้ามีที่มาจากกฎของเคอร์ชอฟฟ์ที่กล่าวว่า ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงจรปิดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อพิจารณารูป จะเห็นว่าค่าความต้านทานไฟฟ้ารวม  $R_T = 150$  โอห์ม เป็นผลให้มีกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร  $I = 66.7$  มิลลิแอมแปร์ โดยคำนวณตามกฎของโอห์ม และ  $R_1$  มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมเท่ากับ 3.33 โวลต์ และ  $R_2$  มีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม 6.67 โวลต์ จะได้ผลรวมของแรงดันไฟฟ้าคือ  $E = 10 \text{ V} = 3.33 \text{ V} + 6.67 \text{ V}$  (Floyd, Thomas L., 2001: 142)



ก) แรงดันไฟฟ้าระหว่าง 2 ขั้วนี้  
ใช้แทนสัญลักษณ์ของแบตเตอรี่

ข) การคำนวณแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม  
ได้ตามกฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า

รูป การใช้กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า

### 3.8 กำลังไฟฟ้าในวงจรอนุกรม

$$P = E \times I$$

เมื่อ  $P$  แทน กำลังไฟฟ้า มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

$E$  แทน แรงดันไฟฟ้า มีหน่วยเป็น โวลต์ (V)

และ  $I$  แทน กระแสไฟฟ้า มีหน่วยเป็น แอมแปร์ (A)

เมื่อประยุกต์สมการ โดยแทน  $I = E/R$  จะหาค่ากำลังไฟฟ้าได้ดังสมการต่อไป และแทน  $E = I \times R$  จะหาค่ากำลังไฟฟ้าได้ดังสมการคือ (บททวนจากหัวข้อ 2.4 ในหน่วยที่ 2)

$$P = \frac{E^2}{R}$$

และ

$$P = I^2 \times R$$

ในวงจรอนุกรมกำลังไฟฟ้ารวมของวงจรจะเท่ากับผลรวมของกำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทานแต่ละตัว เขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 3.12

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

#### กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 4/18, คาบที่ 13–16/72)

1. ครูพานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาการสอนเรื่อง กฎของโอห์ม และกำลังไฟฟ้า
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการต่ออนุกรม และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 3 เรื่อง วงจรอนุกรมและกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 3, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรอนุกรม, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

## การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 3	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 3	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

## งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

## ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 3 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 3 เรื่องวงจรอนุกรมและกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 3 และผ่านเกณฑ์

## เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงค์ศักดิ์ หมินกำหริ่ม. **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002**. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course**.
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.



### บันทึกหลังการสอน

#### 1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....


(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4</b>	<b>หน่วยที่ 4</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรขนาน	สอนครั้งที่ 5/18
ชื่อเรื่อง วงจรขนาน		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- |  |                           |
|--|---------------------------|
| 4.1 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน                        | 4.2 แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน |
| 4.3 ความต้านทานไฟฟ้ารวมและความนำไฟฟ้ารวมในวงจรขนาน |                           |
| 4.4 กฎของโอห์มในวงจรขนาน                           | 4.5 การต่อเซลล์ไฟฟ้าขนาน  |
| 4.6 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรขนาน            |                           |
| 4.7 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าในวงจรขนาน                  | 4.8 กำลังไฟฟ้าในวงจรขนาน  |
| 4.9 สรุปสาระสำคัญ                                  |                           |

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรขนาน
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรขนาน

### จุดประสงค์การเรียนรู้

#### ด้านความรู้

1. บอกความหมายของการต่อตัวต้านทานแบบขนาน
2. บอกคุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน
3. คำนวณความต้านทานรวมในวงจรขนาน
4. คำนวณความนำรวมในวงจรขนาน
5. คำนวณค่าในวงจรขนานโดยใช้กฎของโอห์ม
6. บอกเงื่อนไขของการต่อแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าขนาน
7. คำนวณค่าในวงจรขนานโดยใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์
8. คำนวณค่าในวงจรขนานโดยใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า
9. คำนวณกำลังไฟฟ้าในวงจรขนาน

#### ด้านทักษะ

- |                             |                                |
|-----------------------------|--------------------------------|
| 1. ต่อตัวต้านทานแบบขนาน     | 2. วัดความต้านทานที่ต่อแบบขนาน |
| 3. วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน | 4. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรขนาน     |
| 5. บันทึกข้อมูลตามการทดลอง  | 6. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลอง |
| 7. เขียนสรุปผลการทดลอง      |                                |

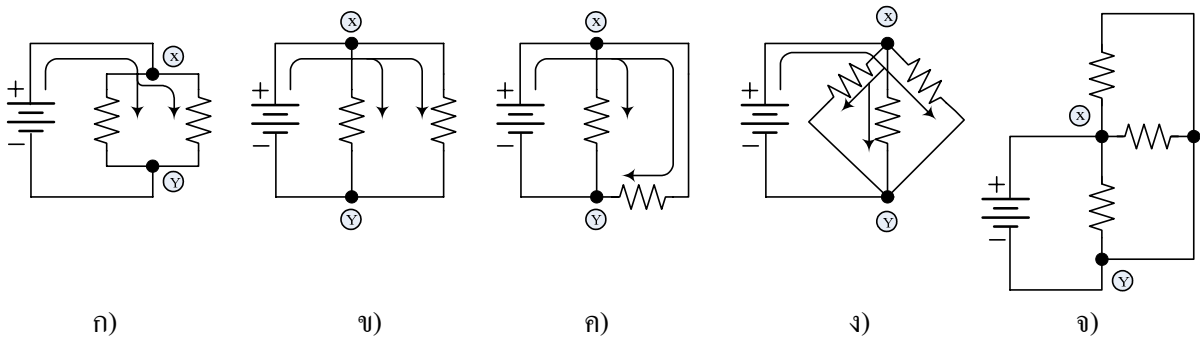
**ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง**

แสดงออกถึงความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบและความเชื่อมั่นในตนเอง

**เนื้อหาสาระ**

**4.1 การต่อตัวต้านทานแบบขนาน**

การต่อตัวต้านทานแบบขนาน หมายถึง การนำเอาตัวต้านทานตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไปมาต่อรวมกันระหว่างจุด 2 จุด โดยให้ปลายด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวมาต่อรวมกันที่จุด ๆ หนึ่ง (จุด X) และให้ปลายที่เหลืออีกด้านหนึ่งของตัวต้านทานทุก ๆ ตัวมาต่อรวมกันอีกจุดที่เหลือ (จุด Y) เส้นทางที่ขนานกันในวงจรเรียกว่า สาขา (Branch) ดังรูป (Cook, Nigel P., 2004: 116)



**รูป** ตัวอย่างการต่อตัวต้านทานแบบขนาน

**4.2 แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน**

แรงดันไฟฟ้าในวงจรขนาน มีค่าเท่ากันและเท่ากับแรงดันที่จ่าย ดังสมการ

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

**4.3 ความต้านทานไฟฟ้ารวมและความนำไฟฟ้ารวมในวงจรขนาน**

ความนำไฟฟ้า (G) เป็นส่วนกลับของความต้านทานไฟฟ้า เขียนเป็นสมการได้ดังสมการ

$$G = \frac{1}{R} \quad \text{มีหน่วยเป็น ซีเมนส์ (S)}$$

ความนำไฟฟ้ารวม ( $G_T$ ) ในวงจรขนานจะเท่ากับผลรวมของความนำไฟฟ้าของตัวต้านทานแต่ละตัว

$$G_T = G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_n$$

ความต้านทานไฟฟ้ารวม ( $R_T$ ) ในวงจรขนานเขียนเป็นสมการได้ดังสมการที่ 4.4

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

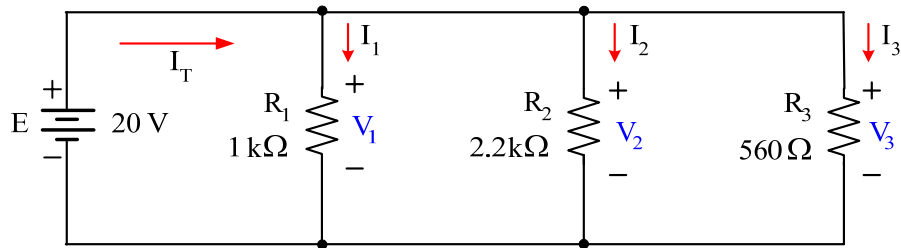
ในกรณีตัวต้านทาน 2 ตัวต่อขนานกัน ค่าความต้านทานรวมของวงจรจะได้

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

หรือ

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

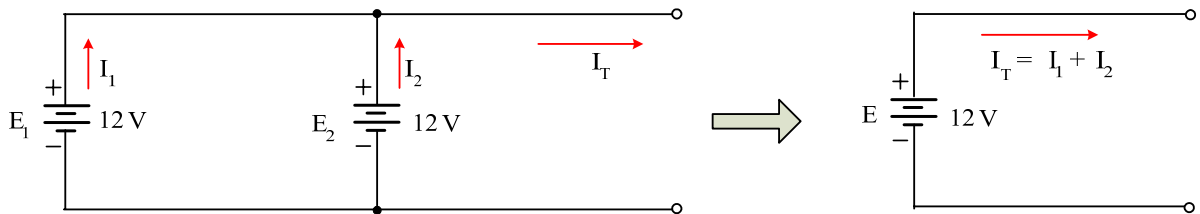
#### 4.4 กฎของโอห์มในวงจรขนาน



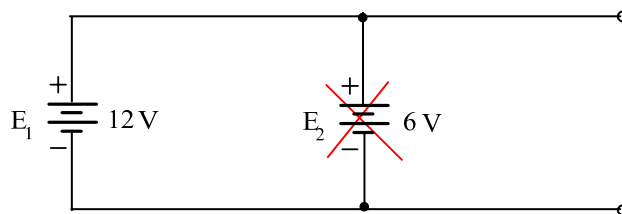
$$\text{เช่น } I_1 = \frac{E}{R_1} = \frac{V_1}{R_1} = \frac{20}{1000} = 20 \text{ mA}$$

#### 4.5 การต่อเซลล์ไฟฟ้าขนาน

เมื่อนำเซลล์ไฟฟ้าอย่างเช่น ถ่านไฟฉาย หรือแบตเตอรี่มาต่อแบบขนาน เซลล์ไฟฟ้านั้นจะต้องมีแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานภายในเท่ากัน การต่อแบบขนานจะทำให้กระแสไฟฟ้าไหลมากขึ้น พิจารณาจากรูป เมื่อนำแบตเตอรี่มาต่อขนานกัน (Floyd, Thomas L., 2001: 185)



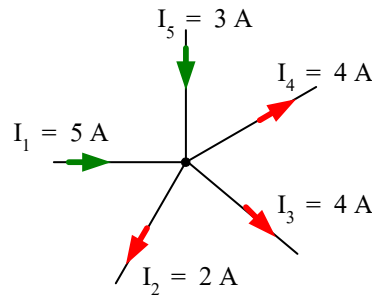
รูป แบตเตอรี่ต่อขนาน



รูป แบตเตอรี่ที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าต่างกันไม่ควรนำมาต่อขนานกัน

### 4.6 กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรขนาน

กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (Kirchhoff's Current Law: KCL) กล่าวว่า “ผลรวมทางพีชคณิตของกระแสไฟฟ้า ณ จุดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์” หรือจะกล่าวได้ว่า “ผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลเข้าจุดใด ๆ จะเท่ากับผลรวมของกระแสไฟฟ้าไหลออกจากที่จุดนั้น” ดังรูป



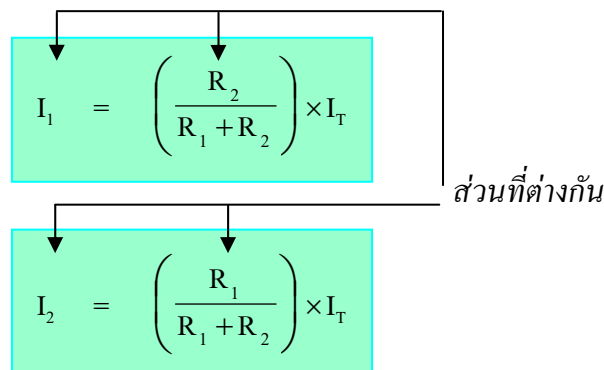
รูป การใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์

$$\sum I_{in} = \sum I_{out}$$

### 4.7 กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าในวงจรขนาน

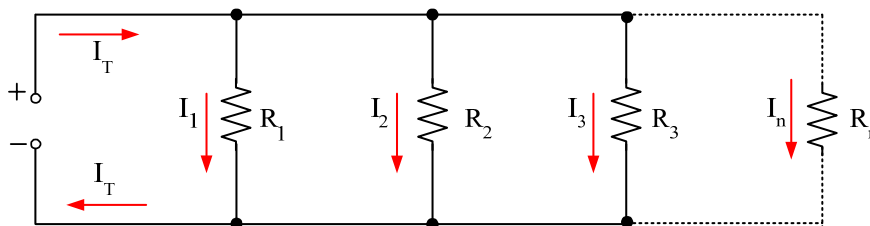
#### กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าสำหรับวงจร 2 สาขา

จากกฎของโอห์ม การจะหากระแสไฟฟ้านั้นจะต้องทราบค่าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทาน เมื่อมีแรงดันไฟฟ้าที่ไม่รู้ค่า แต่รู้ค่ากระแสไฟฟ้ารวม ก็จะสามารถหากระแสไฟฟ้าสาขาได้ ( $I_1$  และ  $I_2$ ) โดยใช้สมการ ซึ่งเรียกว่า กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้



#### กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าสำหรับวงจรหลาย ๆ สาขา

วงจรขนานที่มี n สาขา ดังรูป (Floyd, Thomas L., 2001: 197)



การหาค่ากระแสไฟฟ้าในหลายๆ สาขาหาได้จากสมการ

$$I_x = \left( \frac{R_T}{R_x} \right) \times I_T$$

เมื่อ  $I_x$  แทน กระแสไฟฟ้าสาขาที่ต้องการหาค่า  
 $I_T$  แทน กระแสไฟฟ้ารวม  
 $R_x$  แทน ความต้านทานไฟฟ้าสาขาที่  $I_x$  ไหลผ่าน  
 $R_T$  แทน ความต้านทานไฟฟ้ารวม

#### 4.8 กำลังไฟฟ้าในวงจรขนาน

กำลังไฟฟ้าในวงจรขนานจะเท่ากับผลรวมของกำลังไฟฟ้าสูญเสียของตัวต้านทานทุกตัวในวงจร (เช่นเดียวกับวงจรอนุกรม)

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

เมื่อ  $P_T$  แทน กำลังไฟฟ้ารวม มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)  
 $P_1$  แทน กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน  $R_1$  มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)  
 $P_2$  แทน กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน  $R_2$  มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)  
 $P_3$  แทน กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน  $R_3$  มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)  
 $P_n$  แทน กำลังไฟฟ้าที่ตัวต้านทาน  $R_n$  มีหน่วยเป็น วัตต์ (W)

และกำลังไฟฟ้าพื้นฐานที่จะประยุกต์ใช้ในวงจรขนาน (เช่นเดียวกับวงจรอนุกรม) คือ

$$P = E \times I = \frac{E^2}{R} = I^2 \times R$$

#### กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 5/18, คาบที่ 17–20/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วงจรอนุกรม
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการต่อขนาน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 4 เรื่อง วงจรขนานและกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง

8. ครอบคลุมหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 4

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 4, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรขนาน, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 4	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 4	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 4 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 4 เรื่องวงจรขนานและกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 3 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงค์ศักดิ์ หมินกำหริ่ม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts.**
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis.**
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....

(.....)


ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน



	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5</b>	<b>หน่วยที่ 5</b>
	<b>ชื่อวิชา</b> วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	<b>ชื่อหน่วย</b> วงจรผสม	สอนครั้งที่ 6/18
<b>ชื่อเรื่อง</b> วงจรผสม		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- |                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| 5.1 การต่อตัวต้านทานแบบผสม | 5.2 การวิเคราะห์วงจรผสม      |
| 5.3 ดีเทอร์มิแนนต์         | 5.4 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรผสม |
| 5.5 สรุปสาระสำคัญ          |                              |

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรผสม
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรผสม

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของการต่อตัวต้านทานแบบผสม
2. คำนวณค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมในวงจรผสม
3. คำนวณกระแสไฟฟ้าในวงจรผสม
4. คำนวณแรงดันไฟฟ้าในวงจรผสม
5. คำนวณค่าต่าง ๆ ในวงจรผสมโดยใช้กฎของเคอร์ชอฟฟ์

#### ด้านทักษะ

- |                            |                                |
|----------------------------|--------------------------------|
| 1. ต่อตัวต้านทานแบบผสม     | 2. วัดความต้านทานที่ต่อแบบผสม  |
| 3. วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรผสม | 4. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรผสม      |
| 5. บันทึกข้อมูลตามการทดลอง | 6. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลอง |
| 7. เขียนสรุปผลการทดลอง     |                                |

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

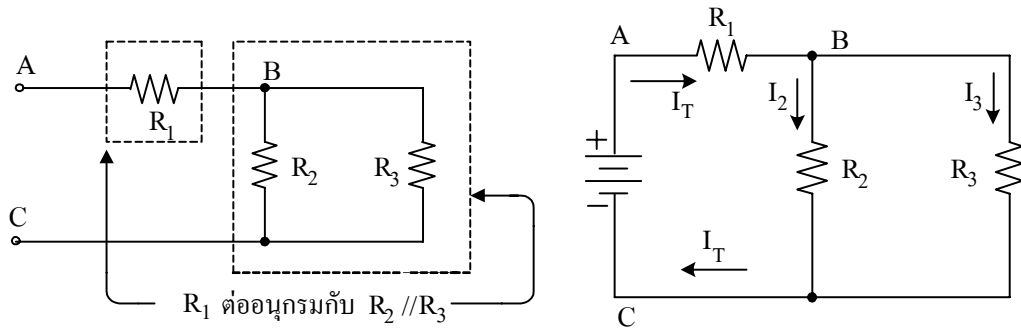
แสดงออกถึงความมีวินัย ความมีมนุษยสัมพันธ์ ความรับผิดชอบ แบ่งปัน และความพึงพอใจใน

ผลงานของตนเอง

## เนื้อหาสาระ

### 5.1 การต่อตัวต้านทานแบบผสม

วงจรผสม จะประกอบด้วยเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผสมกันระหว่างเส้นทางการไหลแบบอนุกรมและเส้นทางการไหลแบบขนาน ซึ่งก็คือ การให้ความสำคัญถึงความสามารถในการจัดกลุ่มแยกแยะในวงจรว่า กลุ่มอนุกรมและกลุ่มขนานมีความสัมพันธ์กันอย่างไร ตัวอย่างการต่อวงจรผสมของตัวต้านทาน ดังรูปที่ เมื่อจะหาค่าความต้านทานไฟฟ้ารวมจะเรียกวจรลักษณะนี้ว่า *วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม*

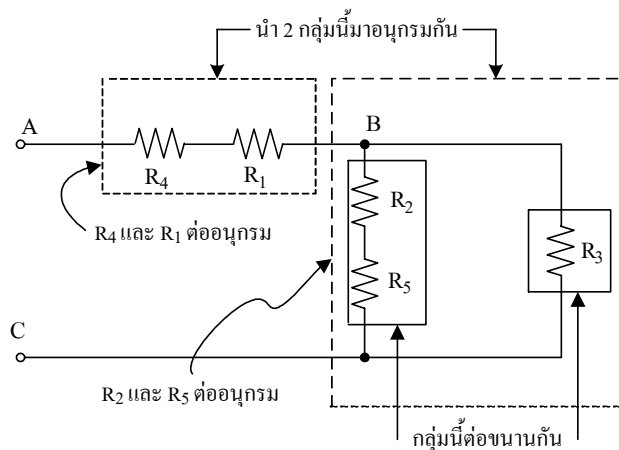


ก) การต่อตัวต้านทานแบบขนาน-อนุกรม

ข) เส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

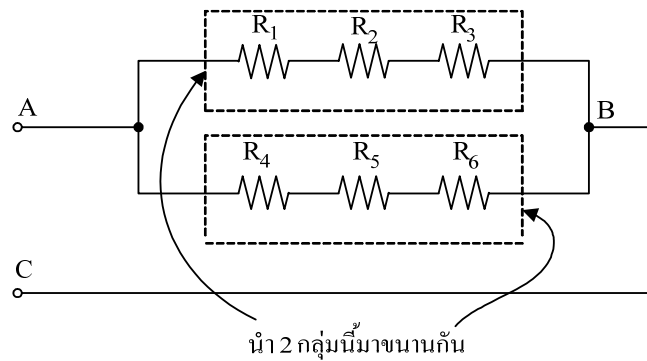
**รูป** วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม ดังรูป ระหว่างจุด A-B นั้น  $R_4$  และ  $R_1$  ต่ออนุกรมกันระหว่างจุด B-C นั้น  $R_2$  และ  $R_5$  ต่ออนุกรมกันแล้วนำมาขนานกับ  $R_3$  และระหว่างจุด A-C นำไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า จะเรียกวจรลักษณะนี้ว่า *วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม* (Floyd, Thomas L. 1997: 227)



**รูป** วงจรผสมแบบขนาน-อนุกรม

การต่อตัวต้านทานแบบผสม ดังรูป ระหว่างจุด A-B กลุ่มแรกประกอบด้วย  $R_1$ ,  $R_2$  และ  $R_3$  ต่ออนุกรมกัน กลุ่มที่สองประกอบด้วย  $R_4$ ,  $R_5$  และ  $R_6$  ต่ออนุกรมกัน และนำทั้ง 2 กลุ่มมาขนานกันอีกครั้งระหว่างจุด A-C และนำไปต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้า เรียกวจรลักษณะนี้ว่า *วงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน*



รูป วงจรผสมแบบอนุกรม-ขนาน

เมื่อวิเคราะห์วงจรผสมนั้นพึงระลึกถึงเส้นทางการไหลของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานที่นำมาต่อ นั้น โดยประยุกต์ใช้ข้อกำหนด 2 ข้อ คือ 1) กระแสไฟฟ้ารวมจะมีเพียงค่าเดียวเท่านั้นเมื่อตัวต้านทานนั้นนำมาต่อแบบอนุกรม และ 2) กระแสไฟฟ้ารวมมี 2 สาขาหรือมากกว่า เมื่อตัวต้านทานนั้นนำมาต่อแบบขนาน 2 สาขาหรือมากกว่า

## 5.2 การวิเคราะห์วงจรผสม

ความต้านทานรวม กระแสไฟฟ้ารวม กระแสไฟฟ้าสาขา ความสัมพันธ์ของแรงดันไฟฟ้า

## 5.3 ดีเทอร์มิแนนต์

ดีเทอร์มิแนนต์ (Determinant) มีความสำคัญในทางคณิตศาสตร์มากเนื่องจากใช้แก้โจทย์คณิตศาสตร์สำหรับตัวแปรที่เกิดขึ้นพร้อม ๆ กันตั้งแต่สองตัวแปรขึ้นไป เมื่อเข้าใจขั้นตอนแล้วก็สามารถแก้โจทย์ได้ในเวลาไม่นานและมีโอกาสผิคน้อยกว่าใช้วิธีอื่น สำหรับในทางไฟฟ้า ดีเทอร์มิแนนต์ที่พบจะนำไปใช้บ่อย เช่น การแก้โจทย์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมฆ และการแก้โจทย์วงจรไฟฟ้าด้วยวิธีแรงดัน โนด เป็นต้น

## 5.4 กฎของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรผสม

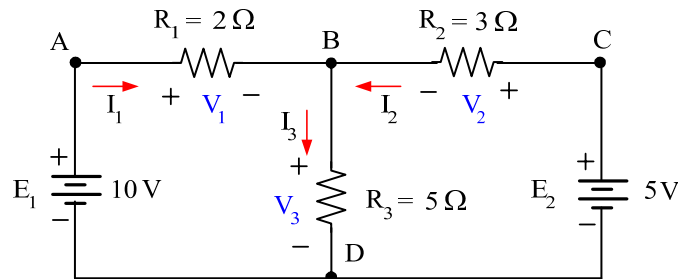
การนำกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรอนุกรมและกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ในวงจรขนานมาใช้แก้ปัญหาในวงจรผสมนั้นจะต้องประยุกต์ใช้ร่วมกันทั้ง 2 กฎ โดยมีวิธีการดังนี้

5.4.1 กำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ โดยให้กระแสไฟฟ้าไหลในทิศทางใดก็ได้ ถ้ากำหนดทิศทางถูกต้อง ผลการคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าจะเป็นบวก และถ้ากำหนดทิศทางสวนทางกัน ผลการคำนวณจะติดเครื่องหมายลบ โดยที่ค่านั้นถูกต้อง

5.4.2 กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ ถ้าไหลเข้าขั้วบวกให้ใส่เครื่องหมายบวก ถ้าไหลเข้าขั้วลบให้ใส่เครื่องหมายลบ

5.4.3 กำหนดขั้วของแรงดันไฟฟ้าตกรวมตัวต้านทานในวงจรจนครบ ตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าถ้ากำหนดให้กระแสไฟฟ้าไหลออกจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย ให้กำหนดเครื่องหมายบวกเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าตัวต้านทาน และกำหนดเครื่องหมายลบ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลออกจากตัวต้านทาน

5.4.4 เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ และตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าจากจุดเริ่มต้นจนวนมาครบวงจรที่จุดเดิม ถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกในสมการถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบในสมการ



5.4.5 แก้มการแรงดันไฟฟ้าหาตัวแปรที่ไม่ทราบค่า

### กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 6/18, คาบที่ 21–24/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วงจรอนุกรม วงจรขนาน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 5
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการต่อผสม และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตและให้ข้อเสนอแนะการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 5 เรื่อง วงจรผสม ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 5

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 5, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรผสม, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

## การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 5	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 5	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

## งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

## ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 5 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 5 เรื่องวงจรผสม และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 5 และผ่านเกณฑ์

## เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงศักดิ์ หมินก้าหริ่ม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts.**
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis.**
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals.**

### บันทึกหลังการสอน

#### 1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6</b>	<b>หน่วยที่ 6</b>
	<b>ชื่อวิชา</b> วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	<b>ชื่อหน่วย</b> วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	สอนครั้งที่ 7/18
<b>ชื่อเรื่อง</b> วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า	จำนวน 4 คาบ	

### หัวข้อเรื่อง

- 6.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
- 6.2 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
- 6.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. คำนวณค่าในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าตามโจทย์กำหนด
2. คำนวณค่าในวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าตาม โจทย์กำหนด

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
2. วัดความต้านทานของวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
3. วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า
4. บันทึกข้อมูลการทดลอง
5. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลอง
6. เขียนสรุปผลการทดลองวงจรแบ่งแรงดัน
7. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
8. บันทึกข้อมูลในวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
9. เปรียบเทียบข้อมูลในวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า
10. เขียนสรุปผลการทดลองการแบ่งกระแส

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความประหยัดและความเชื่อมั่นในตนเอง

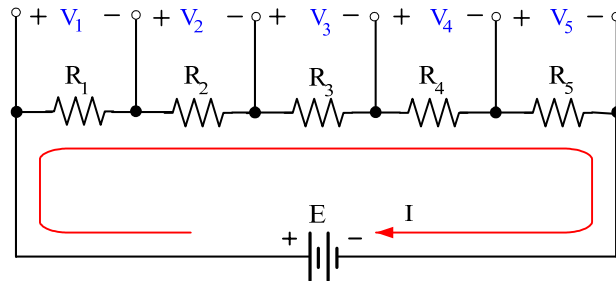
### เนื้อหาสาระ

#### 6.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้ามักมีที่มาจากกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ที่กล่าวว่า ผลรวมทางพีชคณิตของแรงดันไฟฟ้าในวงปิดใด ๆ มีค่าเท่ากับศูนย์ เมื่อพัฒนามาเป็น**กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า (Voltage Divider Rule: VDR)** ขณะที่ยังไม่ได้ต่อโหลดได้ว่า แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานใด ๆ ในวงจรอนุกรม จะเท่ากับอัตราส่วนของค่าความต้านทานนั้นต่อความต้านทานรวมและคูณด้วยแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้วงจรนั้น และการแบ่งแรงดันไฟฟ้าจะนำไปใช้กับวงจรอนุกรมและวงจรผสม

### 6.1.1 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด

เมื่อนำตัวต้านทานมาต่ออนุกรมหลาย ๆ ตัว ดังรูป จะเรียกแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานใด ๆ ว่า  $V_x$  เมื่อ X คือ ตัวต้านทานตัวที่ 1, 2, 3 หรือตัวที่เหลืออื่น และใช้กฎของโอห์มหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานใด ๆ จะได้ว่า  $V_x = I \times R_x$



**รูป** ใช้กฎของโอห์มหาค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานใด ๆ จะได้  $V_x = I \times R_x$

จากกฎของโอห์ม  $I = \frac{E}{R_T}$  แทนค่า I ในสมการ  $V_x = I \times R_x$

จะได้  $V_x = \left( \frac{E}{R_T} \right) \times R_x$

เขียนสมการ  $V_x$  ใหม่ จะได้ดังสมการที่ 6.1

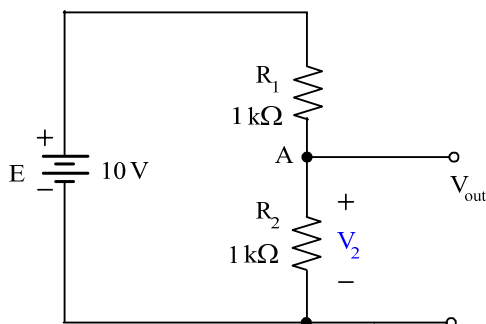
$$V_x = \left( \frac{R_x}{R_T} \right) \times E$$

### 6.1.2 วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าขณะมีโหลด

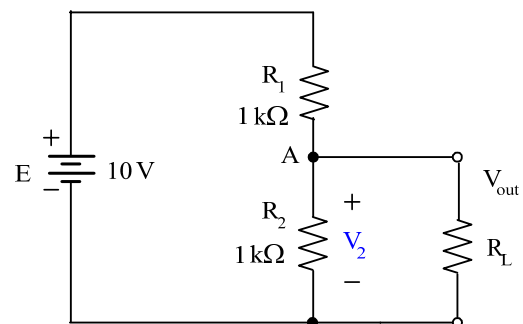
วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าขณะมีโหลด ลักษณะวงจรจะเป็นวงจรผสม ในหัวข้อนี้จะเรียนรู้ถึงผลของการต่อโหลดด้วยความต้านทาน และด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

#### 1. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าด้วยโหลดความต้านทาน

(1) วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าด้วยโหลดความต้านทานแบบค่าคงที่ ในวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าแสดงดังรูป (Floyd, Thomas L. 2001: 238)



ก) ขณะไม่มีโหลด



ข) ขณะมีโหลด  $R_L$



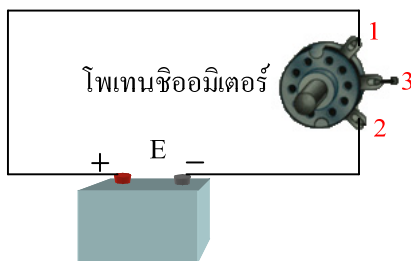
### รูป วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้า

จากรูป ข) จะได้ 
$$V_{OUT} = V_2 = \frac{R_2/R_L}{R_1 + R_2/R_L} \times E$$

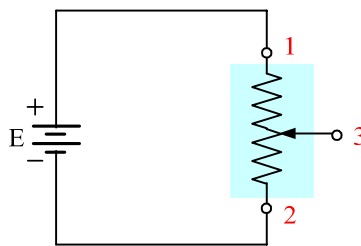
เมื่อ 
$$R_2/R_L = \frac{R_2 \times R_L}{R_2 + R_L}$$

และ  $R_2/R_L$  หมายถึง  $R_2$  กับ  $R_L$  ต่อขนานกัน

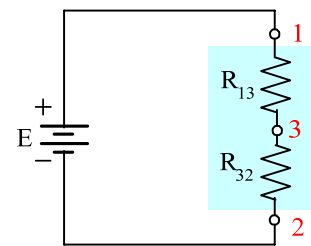
(2) วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าด้วยโพลดความต้านทานแบบปรับค่าได้ ถ้าใช้ตัวต้านทานโพเทนชิโอมิเตอร์เป็นตัวปรับการแบ่งแรงดันไฟฟ้า และคงจำกันได้ว่าจากการศึกษาเกี่ยวกับตัวต้านทานในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์นั้น โพลเทนชิโอมิเตอร์เป็นตัวต้านทานแบบปรับค่าได้มีขั้วต่อ 3 ขั้วที่จะใช้เป็นตัวแบ่งแรงดันไฟฟ้า แสดงดังรูป



ก) รูปเสมือน



ข) รูปสัญลักษณ์ของรูป ก



ค) เทียบเท่ารูป ข

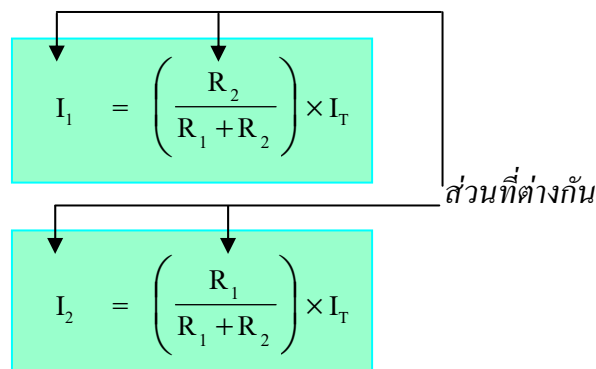
### รูป โพลเทนชิโอมิเตอร์ที่ใช้แบ่งแรงดันไฟฟ้า

2. วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าด้วยโพลดมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

## 6.2 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า

### 6.2.1 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้ากรณีวงจรขนาน 2 สาขา จะใช้กฎการ

แบ่งกระแสไฟฟ้า ดังนี้



### 6.2.2 วงจรแบ่งกระแสไฟฟ้ากรณีวงจรขนานหลายสาขา จะใช้

สูตรสำหรับวงจรขนานดังนี้

$$I_x = \left( \frac{R_T}{R_x} \right) \times I_T$$

เมื่อ  $I_X$  แทน กระแสไฟฟ้าสาขาที่ต้องการหาค่า  
 $I_T$  แทน กระแสไฟฟ้ารวม  
 $R_X$  แทน ความต้านทานไฟฟ้าสาขาที่  $I_X$  ไหลผ่าน

### กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 7/18, คาบที่ 25–28/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วงจรผสม
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 6
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่องการแบ่งแรงดัน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตและให้ข้อเสนอแนะการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 6 เรื่อง วงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 6

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 6, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้า, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 6	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 6	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 6 เรื่องวงจรแบ่งแรงดันไฟฟ้าและวงจรแบ่งกระแสไฟฟ้าและผ่าน  
เกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 6 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงศักดิ์ หมินกำหริม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts.**
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis.**
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals.**

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....

.....

.....

.....

.....

.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....

.....

.....

.....

.....


.....

ลงชื่อ.....  
(.....)

ลงชื่อ.....  
(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7</b>	<b>หน่วยที่ 7</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย วงจรบริดจ์	สอนครั้งที่ 8/18
ชื่อเรื่อง วงจรบริดจ์		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 7.1 วงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล
- 7.2 วงจรบริดจ์ในสภาวะไม่สมดุล
- 7.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวงจรบริดจ์
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าในวงจรบริดจ์

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายการเกิดสภาวะวงจรบริดจ์สมดุล
2. อธิบายการเกิดสภาวะวงจรบริดจ์ไม่สมดุล
3. คำนวณหาค่ากระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และความต้านทานไฟฟ้าของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุล
4. คำนวณหาค่าความต้านทานเพื่อปรับให้วงจรบริดจ์ไม่สมดุลเป็นวงจรบริดจ์สมดุล

#### ด้านทักษะ

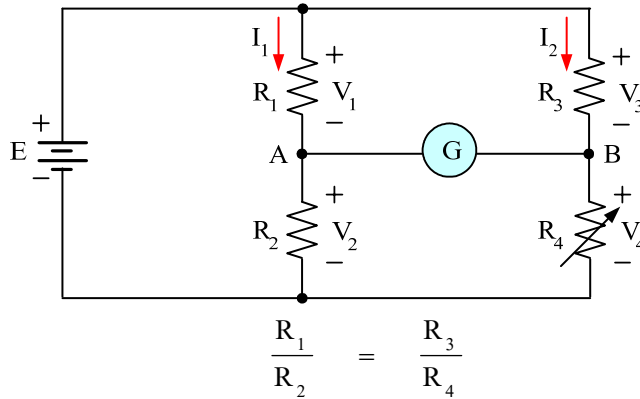
1. ต่อวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลและไม่สมดุล
2. วัดความต้านทานของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลและไม่สมดุล
3. วัดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของวงจรบริดจ์ในสภาวะสมดุลและไม่สมดุล
4. เขียนสรุปผลการทดลอง

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความสนใจใฝ่รู้ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และความพึงพอใจในผลงานที่ทำ

## เนื้อหาสาระ

### 7.1 วงจรบริดจ์ในสถานะสมดุล



หรือ  $R_1 R_4 = R_2 R_3$

หรือ  $R_3 = \frac{R_1 R_4}{R_2}$

### 7.2 วงจรบริดจ์ในสถานะไม่สมดุล

$$\frac{R_1}{R_2} \neq \frac{R_3}{R_4}$$

## กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 8/18, คาบที่ 29–32/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วาย-เดลตา
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 7
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง เครื่องวัดแบบวิตสโตนบริดจ์ และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตและให้

ข้อเสนอแนะการทำงานกลุ่ม

7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 7 เรื่อง วงจรบริดจ์ ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 7

## สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 7, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวงจรบริดจ์, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

## การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 7	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 7	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

## งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

## ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 7 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 7 เรื่องวงจรบริดจ์ และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 7 และผ่านเกณฑ์

## เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงค์ศักดิ์ หมินกำหริ่ม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts.**
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis.**
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals.**

### บันทึกหลังการสอน

#### 1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

#### 3. แนวทางการแก้ปัญหา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)


ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน



	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 8</b>	<b>หน่วยที่ 8</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย วิธีกระแสเมฆ	สอนครั้งที่ 9/18
ชื่อเรื่อง วิธีกระแสเมฆ		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 8.1 แนวคิดของวิธีกระแสเมฆ
- 8.2 การนำวิธีกระแสเมฆมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า
- 8.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวิธีกระแสเมฆ
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าด้วยวิธีกระแสเมฆ

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. บอกความหมายของวิธีกระแสเมฆ
2. บอกวิธีการของการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมฆ
3. เขียนสมการเมฆจากวงจรไฟฟ้าที่กำหนด
4. คำนวณค่าในวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีกระแสเมฆ

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลองวิธีกระแสเมฆ
2. วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรการทดลองวิธีกระแสเมฆ
3. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรการทดลองวิธีกระแสเมฆ
4. บันทึกข้อมูลในการทดลองวิธีกระแสเมฆ
5. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลองวิธีกระแสเมฆ
6. เขียนสรุปผลการทดลองวิธีกระแสเมฆ

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเองและความซื่อสัตย์สุจริต

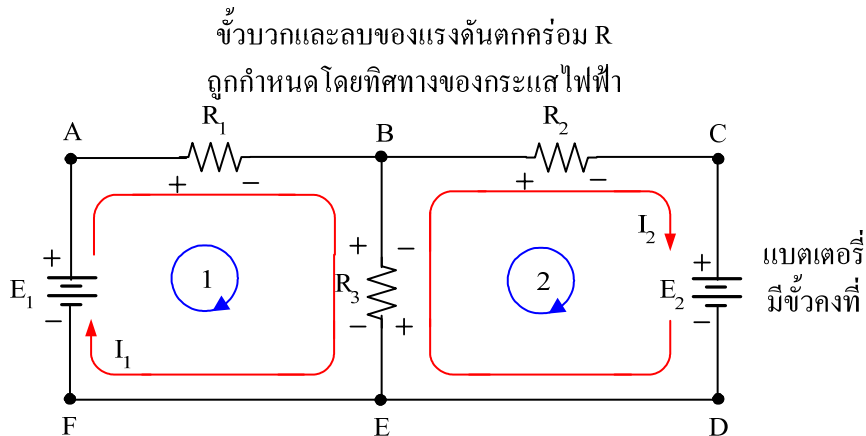
## เนื้อหาสาระ

### 8.1 แนวคิดของวิธีกระแสเมฆ

การนำวิธีกระแสเมฆหรือกระแสลูปมาใช้แก้ปัญหาทางจรไฟฟ้ามีวิธีการ ดังนี้

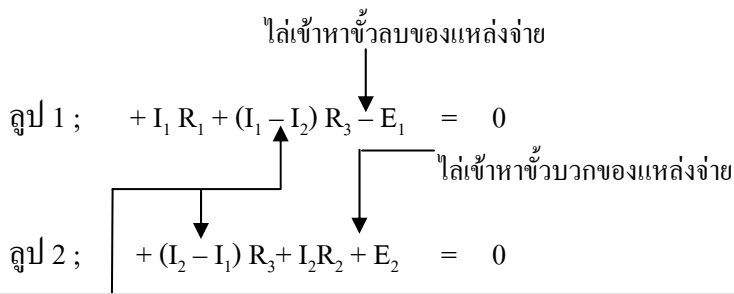
1. กำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละรอบวงปิด จะให้ตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกาก็ได้ แสดงตัวอย่างดังรูป ใช้สัญลักษณ์ของกระแสเมฆ คือ  $I_1$  หรือ  $I_2$  (จำนวนกระแสเมฆต้องเท่ากับจำนวนลูปของวงจร) ในลูป ABEF หรือลูป 1 กำหนดให้  $I_1$  ไหล ส่วนในลูป DEBC หรือลูป 2 กำหนดให้  $I_2$  ไหล

2. ระบุเครื่องหมายขั้วแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในแต่ละลูปตามทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่กำหนดขึ้นที่ไหลผ่านตัวต้านทานแต่ละตัว โดยใช้หลักว่าเมื่อกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่ตัวต้านทานใดให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าตัวต้านทานตัวนั้นและใส่เครื่องหมายลบไว้หลังตัวต้านทานที่กระแสไฟฟ้าไหลออก (หรือจะกล่าวว่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในลูปใดที่กำหนดกระแสไฟฟ้าไหลวนในลูปนั้นมีเครื่องหมายบวกเสมอ) แสดงดังรูป



**รูป** การกำหนดกระแสไฟฟ้าในแต่ละรอบวงปิด

3. เขียนสมการแรงดันไฟฟ้าโดยใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) ในลูปที่กำหนด ซึ่งเป็นการรวมแรงดันไฟฟ้าในลูป ถ้าพบเครื่องหมายบวกให้ใส่เครื่องหมายบวกไว้หน้าแรงดันไฟฟ้า และถ้าพบเครื่องหมายลบให้ใส่เครื่องหมายลบไว้หน้าแรงดันไฟฟ้า (ถ้าทิศทางกระแสเมฆไล่เข้าหาขั้วบวกของแหล่งจ่ายไฟฟ้าให้ใส่เครื่องหมายบวก และถ้าไล่เข้าหาขั้วลบให้ใส่เครื่องหมายลบ) แสดงการเขียนสมการแรงดันไฟฟ้า (สมการเมฆ) ของรูป ดังนี้



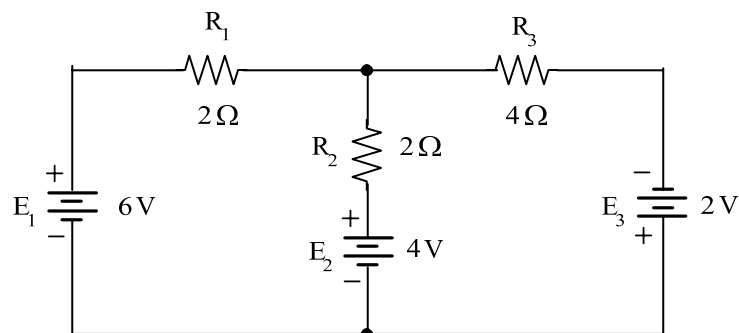
แรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมตัวต้านทานที่เกิดจากกระแสไฟฟ้าจากลูปอื่นไหลผ่าน ถ้าทิศทางของกระแสไฟฟ้าในลูปทั้งสองที่สัมผัสกันสวนทางกันให้มีเครื่องหมาย - ถ้าตามกันให้มีเครื่องหมาย + จากตัวอย่างนี้  $I_1$  และ  $I_2$  ไหลสวนทางกัน

4. แทนค่าความต้านทานหรือค่าอื่นที่ปรากฏในวงจรไฟฟ้าลงในสมการแรงดันไฟฟ้า

5. แก้สมการหาค่ากระแสไฟฟ้าในตัวที่ไม่ทราบค่า [ถ้ากระแสไฟฟ้าที่ได้มีค่าเป็นลบแสดงว่า การกำหนดทิศทางในข้อ 1) ตรงกันข้ามกับทิศทางที่กระแสไฟฟ้าไหลจริง]

### 8.2 การนำวิธีกระแสเมฆมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า

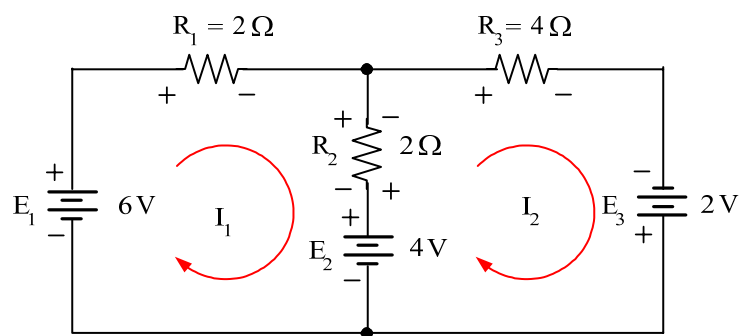
จากรูป จงหาค่ากระแสไฟฟ้าทุกสาขา โดยใช้วิธีกระแสเมฆ



**วิธีทำ** ขั้นที่ 1 กำหนดกระแสเมฆ  $I_1$  และ  $I_2$  ดังรูป

ขั้นที่ 2 กำหนดขั้วแรงดันไฟฟ้าที่ตัวต้านทานตามทิศทางกระแสเมฆ ดังรูป

(จะสังเกตว่า  $R_2$  มีขั้วแรงดันไฟฟ้าที่แตกต่างกัน เพราะว่กระแสเมฆสวนทางกัน)



ขั้นที่ 3 เขียนสมการเมช (หรือสมการแรงดันไฟฟ้าตามกฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) จะเป็นสมการเชิงเส้น) ได้สมการดังนี้

$$\text{ลูป } I_1 : (R_1 + R_2) I_1 - R_2 I_2 + E_2 - E_1 = 0$$

$$\text{ลูป } I_2 : -R_2 I_1 + (R_2 + R_3) I_2 - E_3 - E_2 = 0$$

ขั้นที่ 4 แทนค่าที่ทราบในวงจรลงในสมการเมช

$$\begin{aligned} \text{ลูป } I_1 : (2 + 2)I_1 - 2I_2 + 4 - 6 &= 0 \\ 4I_1 - 2I_2 - 2 &= 0 \quad \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ลูป } I_2 : -2I_1 + (2 + 4)I_2 - 2 - 4 &= 0 \\ -2I_1 + 6I_2 - 6 &= 0 \quad \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

สมการที่ (1) และ (2) เขียนสมการใหม่ จะได้

$$4I_1 - 2I_2 = 2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$-2I_1 + 6I_2 = 6 \quad \dots\dots\dots (4)$$

ขั้นที่ 5 แก้สมการ โดยใช้ดีเทอร์มิแนนต์ จากสมการที่ (3) และ (4) จะได้

$$I_1 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & -2 \\ 6 & 6 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 6 \end{vmatrix}} = \frac{12 + 12}{24 - 4} = \frac{24}{20} = 1.2 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

$$I_2 = \frac{\begin{vmatrix} 4 & 2 \\ -2 & 6 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & -2 \\ -2 & 6 \end{vmatrix}} = \frac{24 + 4}{24 - 4} = \frac{28}{20} = 1.4 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

จะเห็นว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_1$  คือ  $I_1$  และกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_3$  คือ  $I_2$  แต่ในสาขา  $R_2$  จะพบว่า เป็นลูปที่เกี่ยวข้องกับลูปอื่น ดังนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_2$  คือ

$$I_{R_2} = I_2 - I_1$$

$$= 1.4 - 1.2$$

$$I_{R_2} = 0.2 \text{ A} \quad (\text{มีทิศทางขึ้นตามทิศทางของ } I_2)$$

ตอบ

กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 9/18, คาบที่ 33-36/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วงจรบริดจ์
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 8

4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง กระแสเมฆ และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตและให้ข้อเสนอแนะการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 8 เรื่อง วิธีกระแสเมฆ ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 8

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 8, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวิธีกระแสเมฆ, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 8	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 8	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 8	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 8 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 8 เรื่องวิธีกระแสเมฆ และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 8 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

ชำระศักดิ์ หมินกำหริม, วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).

นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**


.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....  
(.....)

ลงชื่อ.....  
(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 9</b>	<b>หน่วยที่ 9</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย วิธีแรงดัน โนด	สอนครั้งที่ 10/18
ชื่อเรื่อง วิธีแรงดัน โนด		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 9.1 แนวคิดของวิธีแรงดัน โนด
- 9.2 การนำวิธีแรงดัน โนดมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า
- 9.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับวิธีแรงดัน โนด
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าด้วยวิธีแรงดัน โนด

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของวิธีแรงดัน โนด
2. บอกขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีแรงดัน โนด
3. เขียนสมการ โนดจากวงจรไฟฟ้าที่กำหนดให้
4. คำนวณค่าในวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีแรงดัน โนด

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลองด้วยวิธีแรงดัน โนด
2. วัดแรงดันไฟฟ้าในวงจรด้วยวิธีแรงดัน โนด
3. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรด้วยวิธีแรงดัน โนด
4. บันทึกข้อมูลการทดลองด้วยวิธีแรงดัน โนด
5. เปรียบเทียบข้อมูลด้วยวิธีแรงดัน โนด
6. เขียนสรุปผลการทดลองด้วยวิธีแรงดัน โนด

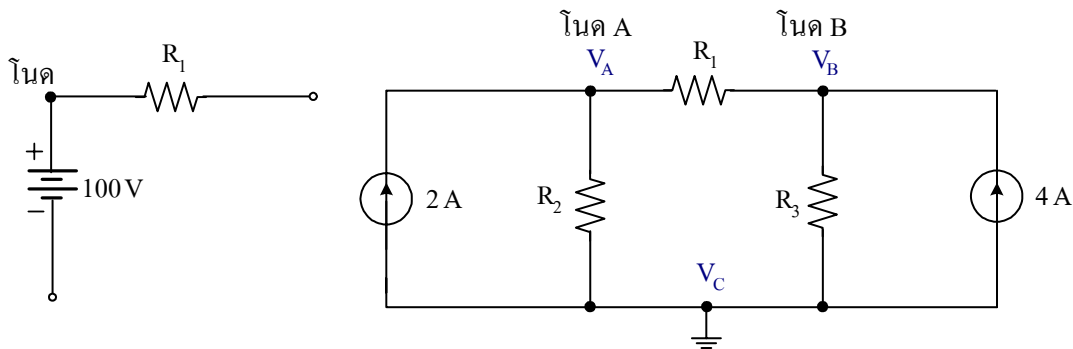
#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเองและความซื่อสัตย์สุจริต

## เนื้อหาสาระ

### 9.1 แนวคิดของวิธีแรงดันโนด

การแก้ปัญหาทางจรไฟฟ้าด้วยวิธีแรงดันโนด (Node Voltage Method) หรือวิธีโนดจะอาศัยกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) เป็นหลักในการแก้ปัญหา วิธีแรงดันโนดเป็นวิธีเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้าระหว่างจุดที่มีความต่างศักย์ไฟฟ้าซึ่งจะต้องเข้าใจความหมายที่กำหนดในวงจร อธิบายประกอบดังรูป



ก) แสดงจุดโนด

ข) แสดงจุดโนดหลักและจุดโนดอ้างอิง

### รูป

โนด (Node) คือ จุดต่อในวงจรไฟฟ้าระหว่างส่วนประกอบของวงจร ดังรูป

โนดหลัก (Principle Node or Major Node) คือ จุดต่อในวงจรที่มีสาขาอย่างน้อย 2 สาขาขึ้นไป จากรูป ข) โนดหลักได้แก่ โนด A และ โนด B กำหนดชื่อโนดหลักเป็น  $V_A$  และ  $V_B$  หรือใช้ตัวเลขก็ได้

โนดอ้างอิง (Reference Node) คือ โนดหลักที่ถูกกำหนดให้แรงดันไฟฟ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งเป็นจุดอ้างอิงในวงจรทำหน้าที่เป็นกราวด์ จากรูป ข) โนดอ้างอิง คือ  $V_C$

แรงดันโนด (Node Voltage) คือ ความต่างศักย์ระหว่างโนดใด ๆ 2 จุด ซึ่งกำหนดให้แรงดันโนดมีค่าสูงกว่าแรงดันไฟฟ้าที่โนดอ้างอิงเสมอ

### 9.1.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยวิธีแรงดันโนด

การนำวิธีแรงดันโนดไปใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดจำนวนโนดหลักในวงจรและเลือกโนดหลักโนดใดโนดหนึ่งใช้เป็นโนดอ้างอิง
2. กำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้าไหลเข้าหรือไหลออกที่จุดโนดหลักทุกจุด ยกเว้นโนดอ้างอิง
3. เขียนสมการกระแสไฟฟ้าตามกฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KCL) ที่จุดโนดหลักทุก

จุดในวงจรโดยใช้  $\frac{V_R}{R}$  แทนกระแสไฟฟ้าและเขียนสมการโนด จะได้ตามสมการ

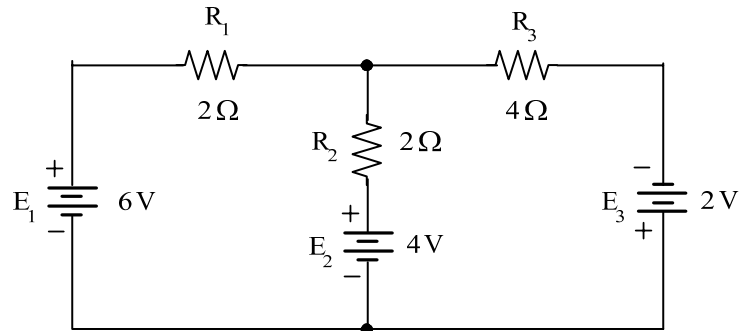
$$\text{จำนวนสมการโนด} = \text{จำนวนโนด} - 1$$



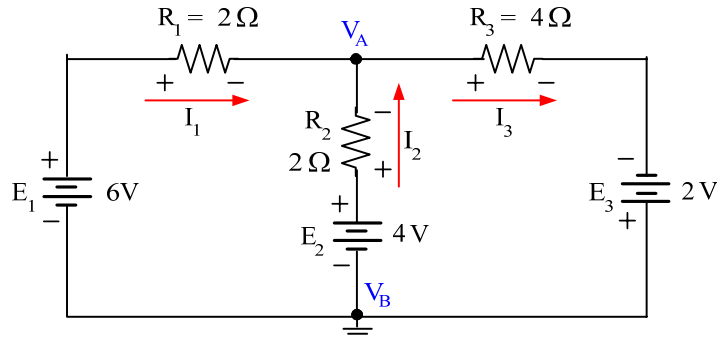
4. แทนค่าในสมการตามข้อ 3 และแก้สมการหาค่าแรงดันโหนดที่ไม่ทราบค่า
5. ผลที่ได้จากข้อ 4 สามารถหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทาน แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวและค่าอื่นที่ต้องการทราบได้
6. พิสูจน์หรือตรวจสอบผลการคำนวณ (ถ้าต้องการ) จะใช้กฎแรงดันไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ (KVL) ในวงจรไฟฟ้าได้เช่นเดียวกับวิธีกระแสเมฆ

**9.2 การนำวิธีแรงดันโหนดมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า**

จากรูป จงหาค่ากระแสไฟฟ้าทุกสาขา โดยใช้วิธีแรงดันโหนด



**วิธีทำ** ขั้นที่ 1: กำหนดจุดโหนดหลัก ได้แก่  $V_A$  และกำหนดจุดโหนดอ้างอิง ได้แก่  $V_B$   
 ขั้นที่ 2: กำหนดทิศทางกระแสไฟฟ้าที่โหนดหลักโดยใช้กฎกระแสไฟฟ้าของเคอร์ชอฟฟ์ แสดงดังรูป



ขั้นที่ 3: เขียนสมการกระแสไฟฟ้าและเขียนสมการโหนด

โหนด  $V_A$  :  $I_3 = I_1 + I_2$   
 หรือ  $I_3 - I_1 - I_2 = 0$  .....(1)

จะได้  $I_1 = \frac{E_1 - V_A}{R_1}$      $I_2 = \frac{E_2 - V_A}{R_2}$

และ  $I_3 = \frac{V_A + E_3}{R_3}$

แทนค่ากระแสไฟฟ้าในเทอมของแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานในสมการที่ (1) จะได้สมการ โหนด 1 สมการ เนื่องจากมีโหนดหลักเพียงโหนดเดียว คือ

$$\frac{V_A + E_3}{R_3} - \frac{E_1 - V_A}{R_1} - \frac{E_2 - V_A}{R_2} = 0 \quad \dots\dots\dots(2)$$

ขั้นที่ 4: แทนค่าแรงดันไฟฟ้าและความต้านทานไฟฟ้าที่ทราบค่าในสมการที่ (2)

และแก้สมการหาค่าแรงดันโหนดที่ไม่ทราบค่า

$$\frac{V_A + 2}{4} - \frac{6 - V_A}{2} - \frac{4 - V_A}{2} = 0$$

นำ 4 คูณตลอด จะได้

$$(V_A + 2) - (12 - 2V_A) - (8 - 2V_A) = 0$$

$$V_A + 2 - 12 + 2V_A - 8 + 2V_A = 0$$

$$5V_A - 18 = 0$$

$$V_A = \frac{18}{5} = 3.6 \text{ V}$$

ขั้นที่ 5 หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวต้านทานในวงจร

$$I_1 = \frac{E_1 - V_A}{R_1} = \frac{6 - 3.6}{2}$$

$$I_1 = \frac{2.4}{2} = 1.2 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

$$I_2 = \frac{E_2 - V_A}{R_2} = \frac{4 - 3.6}{2}$$

$$I_2 = 0.2 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

$$I_3 = \frac{V_A + E_3}{R_3} = \frac{3.6 + 2}{4}$$

$$I_3 = \frac{5.6}{4} = 1.4 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

### กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 10/18, คาบที่ 37–40/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วิธีกระแสเมฆ
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 9
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง แรงดัน โหนด และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตและให้ข้อเสนอแนะการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 9 เรื่อง วิธีแรงดัน โหนด ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง

8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 9

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 9, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับวิธีแรงดัน โนด, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 9	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 9	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 9	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 9 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 9 เรื่องวิธีแรงดัน โนด และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 9 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

ช้างศักดิ์ หมินกำหริม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).

นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**


.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....  
(.....)

ลงชื่อ.....  
(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 10</b>	<b>หน่วยที่ 10</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย ทฤษฎีการทับซ้อน	สอนครั้งที่ 11/18
ชื่อเรื่อง ทฤษฎีการทับซ้อน		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 10.1 แนวคิดของทฤษฎีการทับซ้อน
- 10.2 การนำทฤษฎีการทับซ้อนมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า
- 10.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการทับซ้อน
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าด้วยทฤษฎีการทับซ้อน

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. บอกความหมายของทฤษฎีการทับซ้อน
2. บอกขั้นตอนการนำทฤษฎีการทับซ้อนมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า
3. กำหนดค่าในวงจรไฟฟ้าโดยใช้ทฤษฎีการทับซ้อน

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลองด้วยทฤษฎีการทับซ้อน
2. วัดกระแสไฟฟ้าในวงจรการทดลองทฤษฎีการทับซ้อน
3. บันทึกข้อมูลในการทดลองทฤษฎีการทับซ้อน
4. เขียนสรุปผลการทดลองทฤษฎีการทับซ้อน

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

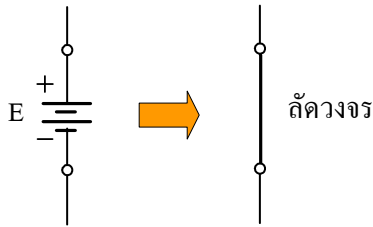
แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเองและความซื่อสัตย์สุจริต

### เนื้อหาสาระ

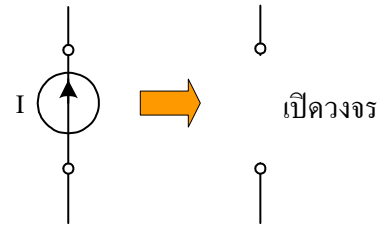
#### 10.1 แนวคิดของทฤษฎีการทับซ้อน

ขั้นตอนหาค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าของวงจรเชิงเส้นที่มีหลายแหล่งจ่าย โดยหาค่าครึ่งละแหล่งจ่ายและให้แหล่งจ่ายที่เหลืออื่นเป็นศูนย์ มีขั้นตอนกรณีวงจรไฟฟ้ามี 2 แหล่งจ่าย ดังนี้ (Floyd, Thomas L., 2001: 259)

1. กำหนดให้มีแหล่งจ่ายครั้งละ 1 แหล่งจ่าย แหล่งจ่ายที่เหลืออื่นเป็นศูนย์ ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร (ความต้านทานที่ขั้วลัดวงจรเป็นศูนย์) และถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร แล้วจึงหาค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าตามโจทย์กำหนด จากแหล่งจ่าย 1 แหล่งจ่าย ครั้งที่ 1 ดังรูปที่ 10.1-10.2

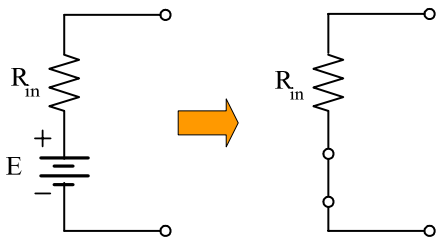


ก) แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร

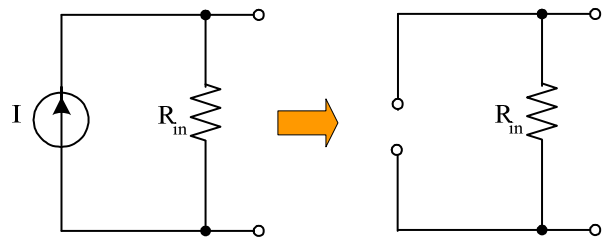


ข) แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร

**รูปที่ 10.1** การนำแหล่งจ่ายออกจากวงจรเพื่อให้แหล่งจ่ายเป็นศูนย์



ก) จุดที่มีแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร



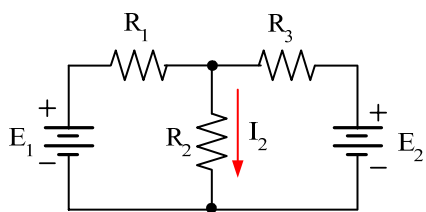
ข) จุดที่มีแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร

**รูปที่ 10.2** ตัวอย่างผลจากการนำแหล่งจ่ายออกจากวงจร

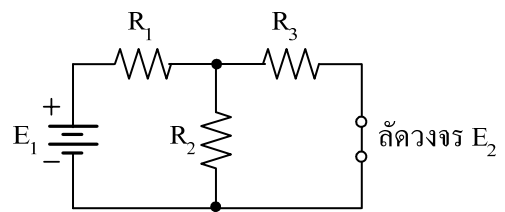
2. กำหนดแหล่งจ่ายครั้งที่ 2 ต่อเข้าไปในวงจรที่จุดเดิม ที่แหล่งจ่ายที่กำหนดครั้งที่ 1 ให้เป็นศูนย์แล้วจึงหาค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าตามโจทย์กำหนด จากแหล่งจ่าย 1 แหล่งจ่าย ครั้งที่ 2

3. นำค่ากระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าจากครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มารวมกันทางพีชคณิตจะได้กระแสไฟฟ้าหรือแรงดันไฟฟ้าตามโจทย์ต้องการ

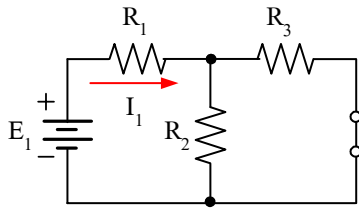
จากขั้นตอนการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการทับซ้อน อธิบายประกอบดังรูปที่ 10.3 ซึ่งเป็นวงจรผสมที่มี 2 แหล่งจ่าย ดังนี้ (Floyd, Thomas L., 2001: 260)



ก) ปัญหาคือต้องการหาค่า  $I_2$

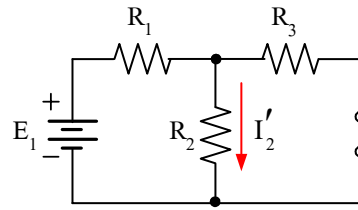


ข) ลัดวงจร  $E_2$  ให้ความต้านทานเป็นศูนย์



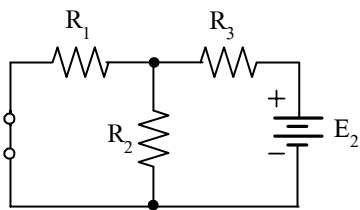
ก) หาค่า  $R_{T1}$  และ  $I_1$  มองจาก  $E_1$

$$R_{T1} = R_1 + R_2 // R_3 \text{ และ } I_1 = E_1 / R_{T1}$$

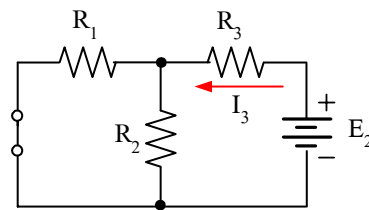


ง) หาค่า  $I'_2$  โดยประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า

$$I'_2 = \frac{R_3}{R_2 + R_3} \times I_1$$

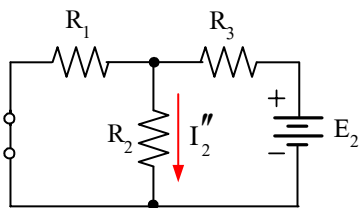


จ) ลัดวงจร  $E_1$  ให้ความต้านทานเป็นศูนย์



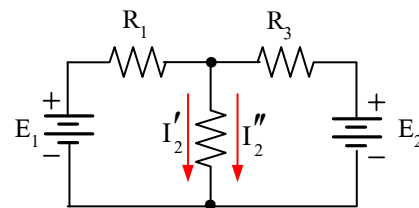
ฉ) หาค่า  $R_{T2}$  และ  $I_3$  มองจาก  $E_2$

$$R_{T2} = R_3 + R_1 // R_2 \text{ และ } I_3 = E_2 / R_{T2}$$



ช) หาค่า  $I''_2$  โดยประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า

$$I''_2 = \frac{R_1}{R_1 + R_2} \times I_3$$



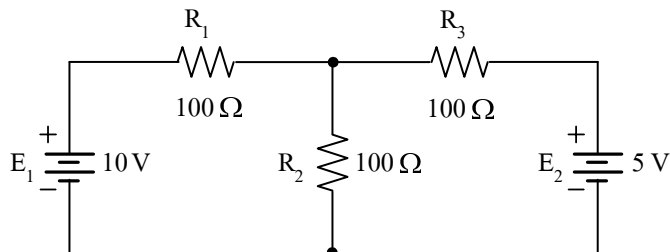
ซ) แหล่งจ่ายวงจรเดิมมีกระแสไฟฟ้าไหล 2 ค่า

$$\text{มีทิศทางเดียวกันดังนั้น } I_2 = I'_2 + I''_2$$

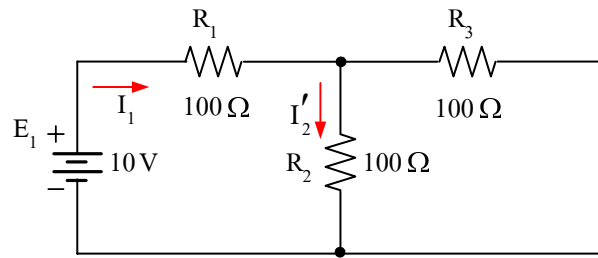
**รูปที่ 10.3** การประยุกต์ใช้ทฤษฎีการทับซ้อน

**10.2 การนำทฤษฎีการทับซ้อนมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า**

จากรูป จงหาค่ากระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้าตกคร่อม  $R_2$  โดยใช้ทฤษฎีการทับซ้อน



**วิธีทำ** ขั้นที่ 1 ลัดวงจร  $E_2$  เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_2$  ที่เกิดจากแหล่งจ่าย  $E_1$  และประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังรูป



$$R_{T1} = R_1 + \frac{R_2}{2} = 100 + \frac{100}{2} = 150 \Omega$$

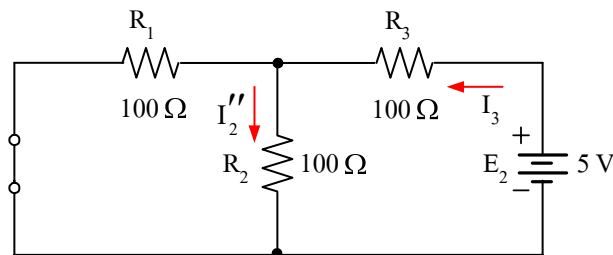
$$I_1 = \frac{E_1}{R_{T1}} = \frac{10}{150} = 0.0667 \text{ A}$$

ประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่า  $I'_2$  โดยที่  $I_1 = 0.0667 \text{ A} = 66.7 \text{ mA}$

$$I'_2 = \left( \frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \times I_1 = \frac{100}{200} \times 66.7$$

$$I'_2 = \frac{6670}{200} = 33.35 \text{ mA}$$

ขั้นที่ 2 ลัดวงจร  $E_1$  เพื่อหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_2$  ที่เกิดจากแหล่งจ่าย  $E_2$  และประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า ดังรูป



$$R_{T2} = R_3 + \frac{R_1}{2} = 100 + \frac{100}{2} = 150 \Omega$$

$$I_3 = \frac{E_2}{R_{T2}} = \frac{5}{150} = 0.0333 \text{ A}$$

ประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้าเพื่อหาค่า  $I''_2$  โดยที่  $I_3 = 0.0333 \text{ A} = 33.3 \text{ mA}$

$$I''_2 = \left( \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) \times I_3 = \frac{100}{200} \times 33.3$$

$$I''_2 = \frac{3330}{200} = 16.75 \text{ mA}$$

ขั้นที่ 3 นำค่ากระแสไฟฟ้าจากครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 มารวมกันทางพีชคณิตจะได้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_2$

$$I_2 = I'_2 + I''_2 = 33.35 + 16.75$$

$$I_2 = 50 \text{ mA}$$

แรงดันไฟฟ้าตกคร่อม  $R_2$  จะได้

ตอบ



$$V_2 = I_2 \times R_2 = 50 \times 100$$

$$V_2 = 5 \text{ V}$$

ตอบ

### กิจกรรมการเรียนรู้ (สัปดาห์ที่ 11/18, คาบที่ 41–44/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง วิธีแรงดัน โนด และนักเรียนส่งการบ้าน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 10
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียนเรื่อง การทับซ้อน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระ
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่มๆ ละ 1 ข้อ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัดครูจะสังเกตและให้ข้อเสนอแนะการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P นักเรียนทดลองตามใบงานที่ 10 เรื่อง ทฤษฎีการทับซ้อน ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายผลจากการทดลอง
8. ครูมอบหมายการบ้าน
9. นักเรียนทำแบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 10

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 10, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับทฤษฎีการทับซ้อน, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 10	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 10	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 10	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 10 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 10 เรื่องทฤษฎีการทับซ้อน และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 10 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงศักดิ์ หมินก้าหริ่ม. **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002**. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts**.
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis**.
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course**.
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....


(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 11</b>	<b>หน่วยที่ 11</b>
	<b>ชื่อวิชา</b> วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	<b>ชื่อหน่วย</b> ทฤษฎีเทเวนิน	สอนครั้งที่ 12-13/18
<b>ชื่อเรื่อง</b> ทฤษฎีเทเวนิน		จำนวน 8 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 11.1 แนวคิดของทฤษฎีเทเวนิน
- 11.2 การนำทฤษฎีเทเวนินมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า
- 11.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีเทเวนิน
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าด้วยทฤษฎีเทเวนิน

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของทฤษฎีเทเวนิน
2. บอกขั้นตอนของการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีเทเวนิน
3. คำนวณค่าในวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีเทเวนิน

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลอง
2. วัดความต้านทานเทเวนิน
3. วัดแรงดันเทเวนิน
4. ต่อวงจรสมมูลเทเวนิน
5. บันทึกข้อมูลในการทดลองทฤษฎีเทเวนิน
6. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลองทฤษฎีเทเวนิน
7. เขียนสรุปผลการทดลองทฤษฎีเทเวนิน

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเองและความซื่อสัตย์สุจริต

### เนื้อหาสาระ

#### 11.1 แนวคิดของทฤษฎีเทเวนิน

ขั้นตอนการแก้ปัญหาวงจรไฟฟ้าโดยการกลับวงจรเดิมไปเป็นวงจรสมมูลเทเวนิน มีขั้นตอนดังนี้

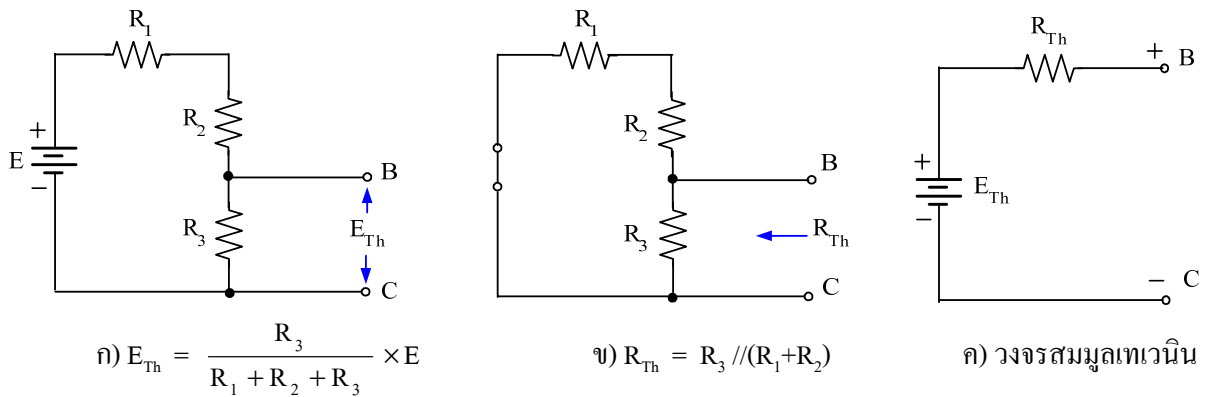
1. ปลดโหลดที่ต้องการหาค่าออกจากวงจรเหลือไว้เพียงขั้วที่ถูกเปิดวงจร
2. ให้สัญลักษณ์ที่ขั้วที่ถูกเปิดวงจรทั้ง 2 ขั้ว อาจกำหนดสัญลักษณ์เป็น A-B หรือ a-b หรือ x-y หรืออื่น ๆ ที่ต้องการใช้

3. แหล่งจ่ายใด ๆ ในวงจรต้องปรับให้เป็นศูนย์ นั่นคือ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าจะต้องลัดวงจร (ศูนย์โวลต์) และแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต้องเปิดวงจร (ศูนย์แอมแปร์)

4. คำนวณค่าความต้านทานเทเวนิน ( $R_{Th}$ ) โดยคำนวณความต้านทานไฟฟ้าที่มองระหว่าง 2 ขั้ว (อาจจะต้องเขียนวงจรใหม่ให้อยู่ในรูปอย่างง่าย)

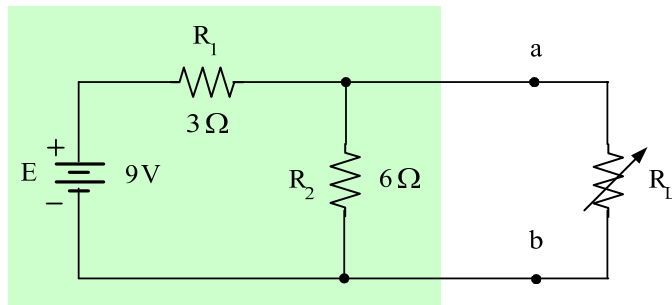
5. นำแหล่งจ่ายจากขั้นตอนที่ 3 มาต่อในวงจรเหมือนเดิม และคำนวณแรงดันเทเวนิน ( $E_{Th}$ ) โดยอาศัยวิธีการที่ได้ศึกษาจากหน่วยการเรียนตอนต้น เช่น ใช้วิธีกระแสเมฆ กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า กฎของเคอร์ชอฟฟ์ เป็นต้น

6. เขียนวงจรสมมูลเทเวนินโดยนำ  $E_{Th}$  และ  $R_{Th}$  มาต่ออนุกรม และนำโหลดที่ปลดออกในขั้นที่ 1 มาต่อระหว่างขั้ว 2 ขั้ว อีกครั้งเพื่อแก้ปัญหาที่ต้องการต่อไป

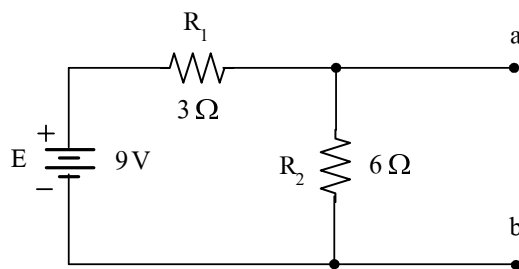


### 11.2 การนำทฤษฎีเทเวนินมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า

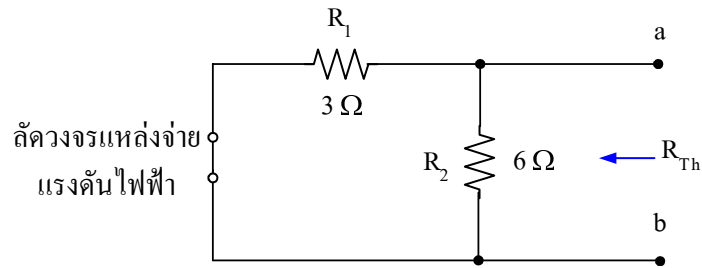
จากรูป จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_L$  ที่ค่า 2 โอห์ม 10 โอห์ม และ 100 โอห์ม โดยใช้ทฤษฎีเทเวนิน (Boylested, Robert. 2003: 324)



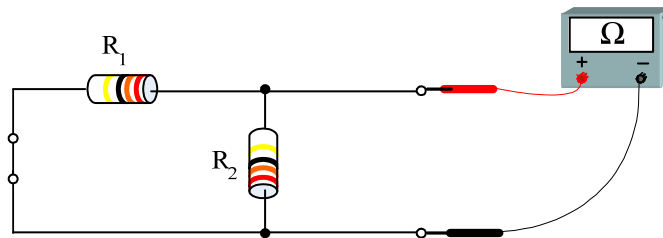
**วิธีทำ** ขั้นที่ 1 ปลด  $R_L$  ออกจากวงจร  
 ขั้นที่ 2 กำหนดขั้ว a-b ดังรูป



ขั้นที่ 3 ปรับแหล่งจ่ายให้เป็นศูนย์ (ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ดังรูป



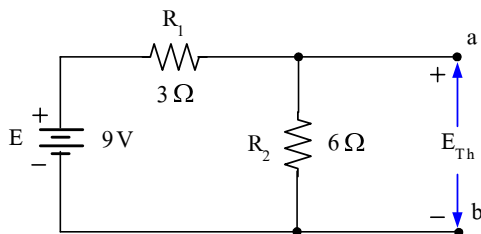
ขั้นที่ 4 หาคความต้านทานเทเวนินระหว่างขั้ว a-b ( $R_1 // R_2$ ) ดังรูป



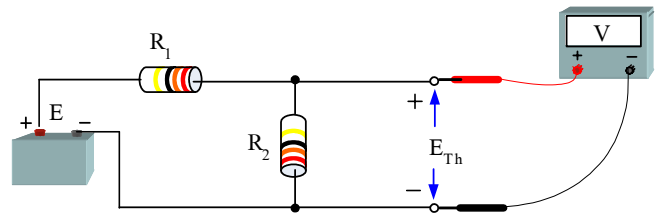
$$R_{Th} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6}$$

$$R_{Th} = \frac{18}{9} = 2 \Omega$$

ขั้นที่ 5 นำแหล่งจ่ายมาต่อและหา  $E_{Th}$  ดังรูป



ก) หา  $E_{Th}$



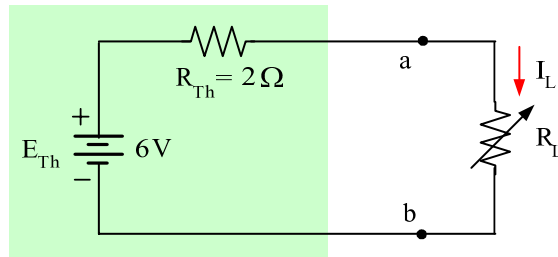
ข) แสดงการวัดหา  $E_{Th}$

ประยุกต์ใช้กฎการแบ่งแรงดันไฟฟ้า เพื่อหา  $E_{Th}$

$$E_{Th} = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) \times E = \frac{6}{3 + 6} \times 9$$

$$E_{Th} = \frac{54}{9} = 6 \text{ V}$$

ขั้นที่ 6 เขียนวงจรสมมูลเทเวนิน โดยนำ  $E_{Th}$  และ  $R_{Th}$  มาต่ออนุกรมและนำ  $R_L$  มาต่อเพื่อหาค่าที่ต้องการได้ดังรูป



หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_L$  ก็คือ  $I_L$  และประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม

$$\text{ที่ } R_L = 2 \Omega: \quad I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{6}{2 + 2}$$

$$I_L = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ A}$$

ตอบ

$$\text{ที่ } R_L = 10 \Omega: \quad I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{6}{2 + 10}$$

$$I_L = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ A}$$

ตอบ

$$\text{ที่ } R_L = 100 \Omega: \quad I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{6}{2 + 100}$$

$$I_L = \frac{6}{102} = 0.059 \text{ A}$$

ตอบ

### กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 12/18, คาบที่ 45–48/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง ทฤษฎีการทับซ้อน และนักเรียนส่งการบ้าน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 11
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระทฤษฎีเทเวนินทั้งหมด โดยบรรยาย ถามตอบประกอบสื่อเพาเวอร์พอยต์
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่ม ๆ ละ 1 ข้อ ตามความสมัครใจ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัด

ครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม

7. ชั้น P ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายสรุปบทเรียน
8. ครูมอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากการทำในชั้นเรียนเป็นการบ้าน

### กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 13/18, คาบที่ 49–52/72)

1. ครูขานชื่อนักเรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหา จากการสอนครั้งที่ 12 โดยการถามตอบและนักเรียนส่งการบ้าน
3. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
4. ชั้น I ครูสอนสรุปเนื้อหาสาระเกี่ยวกับทฤษฎีเทเวนิน

5. ชั้น A นักเรียนทำตามใบงานที่ 11 เรื่องทฤษฎีเทเวนิน เป็นกลุ่ม ขณะนักเรียนทำการทดลองครูจะสังเกตการทำงานกลุ่มและประเมินผล
6. ชั้น P นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง เป็นรายกลุ่มและร่วมสรุปผล
7. นักเรียนเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดห้องเรียน
8. นักเรียนทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 11

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 11, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับทฤษฎีเทเวนิน, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 11	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 11	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 11	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากในชั้นเรียนให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 11 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 11 เรื่องทฤษฎีเทเวนิน และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 11 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงค์ศักดิ์ หมินก้าหริ่ม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals**.



**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....


(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน

	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 12</b>	<b>หน่วยที่ 12</b>
	ชื่อวิชา วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	ชื่อหน่วย ทฤษฎีอนุพันธ์	สอนครั้งที่ 14-15/18
ชื่อเรื่อง ทฤษฎีอนุพันธ์		จำนวน 8 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 12.1 แนวคิดของทฤษฎีอนุพันธ์
- 12.2 การนำทฤษฎีอนุพันธ์มาใช้แก้ปัญหาทางจรไฟฟ้า
- 12.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับทฤษฎีอนุพันธ์
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าด้วยทฤษฎีอนุพันธ์

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของทฤษฎีอนุพันธ์
2. บอกขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีอนุพันธ์
3. คำนวณค่าในวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีอนุพันธ์
4. แปลงวงจรสมมูลอนุพันธ์เป็นวงจรสมมูลเทวินิน

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลอง
2. วัดความต้านทานอนุพันธ์
3. วัดกระแสอนุพันธ์
4. ต่อวงจรสมมูลอนุพันธ์
5. บันทึกข้อมูลการทดลองอนุพันธ์
6. เปรียบเทียบข้อมูลการทดลองอนุพันธ์
7. เขียนสรุปผลการทดลองอนุพันธ์

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเองและความซื่อสัตย์สุจริต

### เนื้อหาสาระ

#### 12.1 แนวคิดของทฤษฎีอนุพันธ์

ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางจรไฟฟ้าโดยการกลับวงจรเดิมไปเป็นวงจรสมมูลอนุพันธ์ มีดังนี้

1. ปลดโหลดออกจากวงจร
2. ให้สัญลักษณ์ขั้วที่เป็ดวงจรทั้ง 2 ขั้ว อาจจะเป็น a-b หรือ x-y หรือสัญลักษณ์อื่นที่จะ

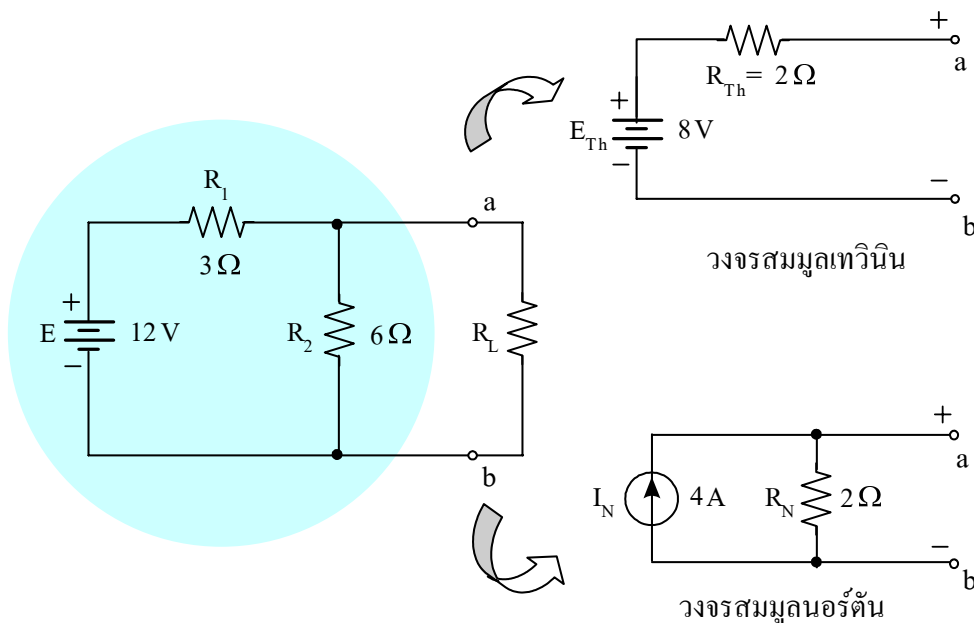
เลือกใช้

3. แหล่งจ่ายใด ๆ ในวงจรต้องปรับให้เป็นศูนย์นั่นคือ แหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าต้องลัดวงจร และแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าต้องเปิดวงจร

4. คำนวณหาค่าความต้านทานนอร์ตัน ( $R_N$ ) มีวิธีการเหมือนกับการหาค่าความต้านทานเทวินิน ( $R_{Th}$ )

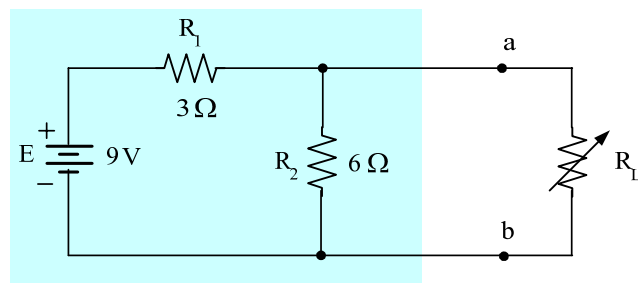
5. คำนวณหาค่ากระแส นอร์ตัน ( $I_N$ ) ที่ไหลผ่านระหว่าง 2 ขั้วโดยนำแหล่งจ่ายจากขั้นที่ 3 มาต่อในวงจรเหมือนเดิมและลัดวงจรระหว่าง 2 ขั้วที่ปลดโหลดออก ถ้าในวงจรมีหลายแหล่งจ่ายอาจจำเป็นต้องใช้ทฤษฎีการทับซ้อน

6. เขียนวงจรสมมูลนอร์ตันโดยนำ  $I_N$  ต่อขนานกับ  $R_N$  และนำโหลดที่ปลดออกมามาต่อระหว่าง 2 ขั้วอีกครั้งเพื่อแก้ปัญหาที่โจทย์ต้องการต่อไป

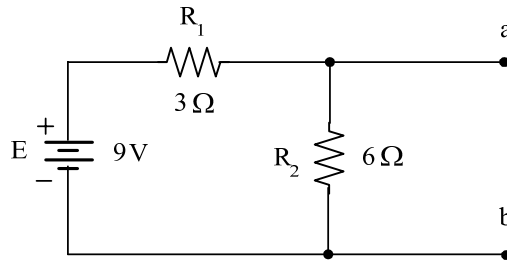


## 12.2 การนำทฤษฎี นอร์ตันมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า

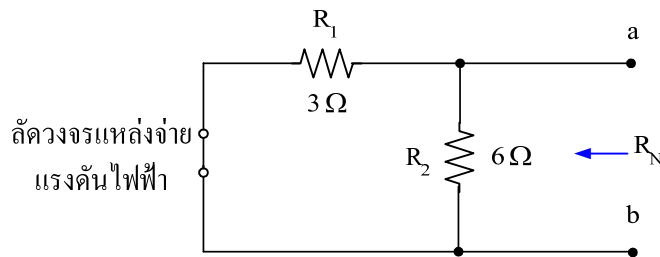
จากรูป จงหาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_L$  ที่ค่า 2 โอห์ม 10 โอห์ม และ 100 โอห์ม โดยใช้ทฤษฎี นอร์ตัน



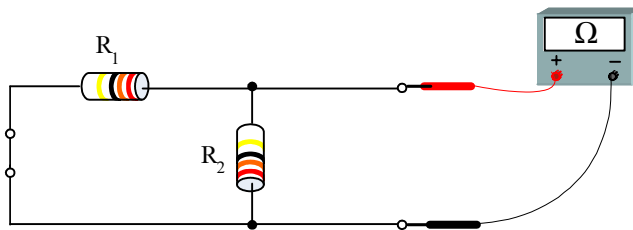
- วิธีทำ**
- ก) ขั้นที่ 1 ปลด  $R_L$  ออกจากวงจร
  - ขั้นที่ 2 กำหนดขั้ว a-b ดังรูป



ขั้นที่ 3 ปรับแหล่งจ่ายให้เป็นศูนย์ (ถ้าเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้ลัดวงจร ถ้าเป็นแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าให้เปิดวงจร) ดูรูป



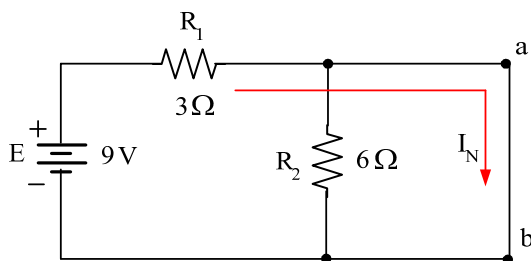
ขั้นที่ 4 หาค่าความต้านทานนอร์ตัน (เหมือนกับการหาค่าความต้านทานเทวินิน) ระหว่างขั้ว a-b ( $R_1/R_2$ ) ดูรูป



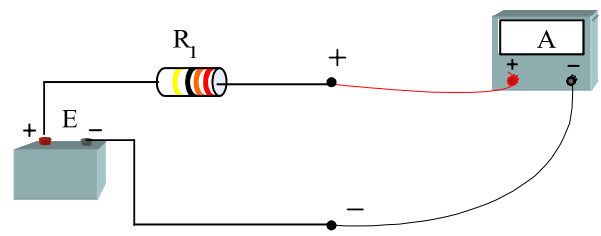
$$R_N = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{3 \times 6}{3 + 6}$$

$$R_N = \frac{18}{9} = 2 \Omega$$

ขั้นที่ 5 นำแหล่งจ่ายมาต่อและหา  $I_N$  ดังรูป



ก) หา  $I_N$



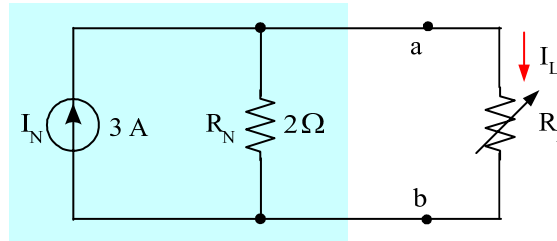
ข) แสดงการวัดหา  $I_N$

ประยุกต์ใช้กฎของโอห์ม เพื่อหา  $I_N$  มีข้อสังเกตว่าเมื่อลัดวงจรระหว่างขั้ว a-b จะทำให้กระแสไฟฟ้าไม่ไหลผ่าน  $R_2$

$$I_N = \frac{E}{R_1} = \frac{9}{3}$$

$$I_N = 3 \text{ A}$$

ขั้นที่ 6 เขียนวงจรสมมูลนอร์ตัน โดยนำ  $I_N$  และ  $R_N$  มาต่อขนานและนำ  $R_L$  มาต่อเพื่อหาค่าที่ต้องการได้ดังรูป



หาค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่าน  $R_L$  ก็คือ  $I_L$  และประยุกต์ใช้กฎการแบ่งกระแสไฟฟ้า

$$\text{ที่ } R_L = 2 \Omega: I_L = \left( \frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \times I_N = \frac{2}{2+2} \times 3$$

$$I_L = \frac{6}{4} = 1.5 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

$$\text{ที่ } R_L = 10 \Omega: I_L = \left( \frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \times I_N = \frac{2}{2+10} \times 3$$

$$I_L = \frac{6}{12} = 0.5 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

$$\text{ที่ } R_L = 100 \Omega: I_L = \left( \frac{R_N}{R_N + R_L} \right) \times I_N = \frac{2}{2+100} \times 3$$

$$I_L = \frac{6}{102} = 0.059 \text{ A} \quad \text{ตอบ}$$

### กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 14/18, คาบที่ 53–56/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง ทฤษฎีเทเวนิน และนักเรียนส่งการบ้าน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 12
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระทฤษฎีนอร์ตันทั้งหมด โดยบรรยาย ถามตอบประกอบสื่อเพาเวอร์พอยต์
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่ม ๆ ละ 1 ข้อ ตามความสมัครใจ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัด

ครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม

7. ชั้น P ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายสรุปบทเรียน
8. ครูมอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากการทำในชั้นเรียนเป็นการบ้าน

### กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 15/18, คาบที่ 57–60/72)

1. ครูขานชื่อนักเรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหา จากการสอนครั้งที่ 14 โดยการถามตอบและนักเรียนส่งการบ้าน
3. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
4. ชั้น I ครูสอนสรุปเนื้อหาสาระเกี่ยวกับทฤษฎีอนุพันธ์
5. ชั้น A นักเรียนทำตามใบงานที่ 12 เรื่องทฤษฎีอนุพันธ์ เป็นกลุ่ม ขณะนักเรียนทำการทดลองครูจะ

สังเกตการทำงานกลุ่มและประเมินผล

6. ชั้น P นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง เป็นรายกลุ่มและร่วมสรุปผล
7. นักเรียนเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดห้องเรียน
8. นักเรียนทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 12

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 12, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับทฤษฎีอนุพันธ์, อินเทอร์เน็ต [www.google.com](http://www.google.com)

### การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 12	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 12	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 12	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

งานที่มอบหมายนอกเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากในชั้นเรียนให้เรียบร้อย ถูกต้อง สมบูรณ์

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

1. ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 12 และผ่านเกณฑ์
2. ผลการทดลองตามใบงานที่ 12 เรื่องทฤษฎีอินอร์ตัน และผ่านเกณฑ์
3. คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 12 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

1. ชำรงศักดิ์ หมินกำหริม. **วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002.** (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.
2. Baker, Tim. (2002). **Experiments in DC/AC Circuits with Concepts.**
3. Boylestad, Robert. (2003). **Introductory Circuit Analysis.**
4. Cook, Nigel P. (2004). **Electronic. A Complete Course.**
5. \_\_\_\_\_ . (2005). **Introductory DC/AC Circuits**
6. Floyd, Thomas L. (2001). **Electronic Fundamentals.**

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....

(.....)


ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน



	<b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 13</b>	<b>หน่วยที่ 13</b>
	<b>ชื่อวิชา</b> วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2104-2002	เวลาเรียนรวม 72 คาบ
	<b>ชื่อหน่วย</b> ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด	สอนครั้งที่ 16-17/18
<b>ชื่อเรื่อง</b> ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด		จำนวน 4 คาบ

### หัวข้อเรื่อง

- 13.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด
- 13.2 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า
- 13.3 สรุปสาระสำคัญ

### สมรรถนะย่อย

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. ปฏิบัติการต่อวงจร วัด และทดสอบค่าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

### จุดประสงค์การปฏิบัติ

#### ด้านความรู้

1. อธิบายความหมายของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด
2. คำนวณวงจรไฟฟ้าด้วยทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

#### ด้านทักษะ

1. ต่อวงจรการทดลอง
2. วัดความต้านทานเทวินิน
3. วัดแรงดันเทวินิน
4. ต่อวงจรสมมูลเทวินิน
5. บันทึกข้อมูลในการทดลองทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด
6. เปรียบเทียบข้อมูลในการทดลองทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด
7. เขียนสรุปผลการทดลองทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

#### ด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

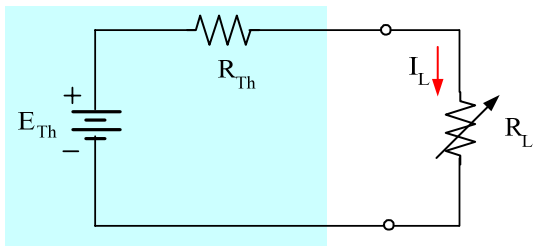
แสดงออกถึงความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเองและความซื่อสัตย์สุจริต

## เนื้อหาสาระ

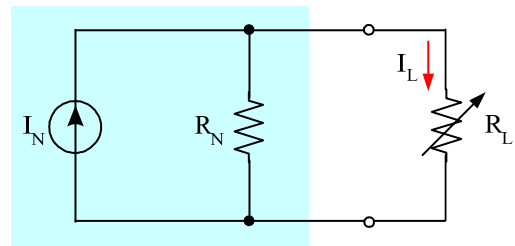
### 13.1 แนวคิดของทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power Transfer Theorem) ได้กล่าวไว้ว่า “ในวงจรไฟฟ้ากระแสตรงที่มีลักษณะเป็นวงจรเชิงเส้นใด ๆ ภาระทางไฟฟ้าหรือโหลด (Load) จะได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Power:  $P_L$ ) ก็ต่อเมื่อค่าความต้านทานรวมของวงจรมีค่าเท่ากับค่าความต้านทานเทวินิน ( $R_{Th}$ ) ของวงจรนั้น” (Boylestad, Robert. 2003: 336)

จากรูปที่ 13.1 อธิบายการได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ( $P_L$ ) ที่โหลด ดังนี้



ก) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด  
เมื่อใช้วงจรสมมูลเทวินิน



ข) การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลด  
เมื่อใช้วงจรสมมูลนอร์ตัน

**รูปที่ 13.1** การได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุด ( $P_L$ ) ที่โหลดของวงจรโครงข่าย

จากรูปที่ 13.1 ก) โหลดได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดก็ต่อเมื่อ

$$R_L = R_{Th}$$

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 13.1 ก) จะพบว่าวงจรมี 2 ส่วนที่เกี่ยวข้องกันและมีค่าเท่ากัน คือส่วนที่เป็นวงจรสมมูลเทวินินและส่วนที่เป็นโหลด ดังนั้นเมื่อพิจารณากรณีเป็นวงจรสมมูลเทวินินก็สามารถอ้างอิงถึงทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้โดยสาระหลักที่พิจารณาคือ ผลรวมของโครงข่ายเป็น  $R_{Th}$  และตัวต้านทาน  $R_L$

จากรูปที่ 13.1 ข) โหลดได้รับกำลังไฟฟ้าสูงสุดก็ต่อเมื่อ

$$R_L = R_N$$

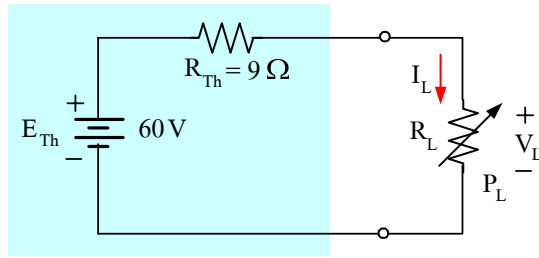
สำหรับรูปที่ 13.1 ก) สามารถหาค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดที่โหลดได้คือ

$$I = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L}$$

$$\text{และ } P_L = I^2 \times R_L = \left( \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} \right)^2 \times R_L$$

$$\text{ดังนั้น } P_L = \frac{E_{Th}^2 \times R_L}{(R_{Th} + R_L)^2}$$

ถ้าพิจารณาเป็นตัวอย่างดังรูปที่ 13.2 โดยกำหนดให้  $E_{Th} = 60\text{ V}$  และ  $R_{Th} = 9\ \Omega$



**รูปที่ 13.2** วงจรสมมูลเทวินินใช้เป็นกรณีตัวอย่างตามทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด

ดังนั้นที่กัลังไฟฟ้าสูงสุดนี้วงจรจะมีประสิทธิภาพเพียง 50 % เท่านั้น ที่แหล่งจ่ายสามารถส่งกัลังไฟฟ้าไปยังโหลดได้และภายใต้เงื่อนไข  $R_L = R_{Th}$  จะได้

$$I_L = \frac{E_{Th}}{R_{Th} + R_L} = \frac{E_{Th}}{2R_{Th}}$$

$$P_L = I^2 \times R_L = \left( \frac{E_{Th}}{2R_{Th}} \right)^2 \times R_{Th} = \frac{E_{Th}^2 \times R_{Th}}{4R_{Th}^2}$$

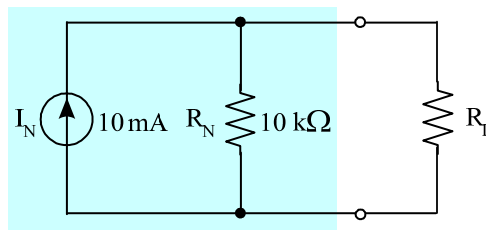
จะได้  $P_{L_{MAX}} = \frac{E_{Th}^2}{4R_{Th}}$  (W) .....(14.4)

จากรูปที่ 13.1 ข) เมื่อเป็นวงจรสมมูลนอร์ตัน จะได้

$$P_{L_{MAX}} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4}$$
 (W) .....(14.5)

**13.2 การนำทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดมาใช้แก้ปัญหาวงจรไฟฟ้า**

จากรูป จงหาค่า  $R_L$  ขณะได้รับกัลังไฟฟ้าสูงสุด และกัลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าเท่าไร



**วิธีทำ** จากสมการที่ค่า  $R_L$  ขณะได้รับกัลังไฟฟ้าสูงสุดจะเท่ากับ  $R_N$

$R_L = 10\text{ k}\Omega$  **ตอบ**

หาค่ากัลังไฟฟ้าสูงสุด

$$P_{L_{MAX}} = \frac{I_N^2 \times R_N}{4} = \frac{(10)^2 \times 40}{4} = 1\text{ W}$$

### กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 16/18, คาบที่ 61–64/72)

1. ครูขานชื่อผู้เรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหาโดยย่อเรื่อง ทฤษฎีอันดับ และนักเรียนส่งการบ้าน
3. นักเรียนทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 13
4. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
5. ชั้น I ครูสอนเนื้อหาสาระทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดทั้งหมด โดยบรรยาย ถามตอบ ประกอบสื่อเพาเวอร์พอยต์
6. ชั้น A นักเรียนทำแบบฝึกหัดเป็นกลุ่ม ๆ ละ 1 ข้อ ตามความสมัครใจ ขณะนักเรียนทำแบบฝึกหัด ครูจะสังเกตการทำงานกลุ่ม
7. ชั้น P ครูและนักเรียนร่วมกันเฉลยแบบฝึกหัดตามกลุ่ม และร่วมอภิปรายสรุปบทเรียน
8. ครูมอบหมายให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากการทำในชั้นเรียนเป็นการบ้าน

### กิจกรรมการเรียนรู้ (ครั้งที่ 17/18, คาบที่ 65–68/72)

1. ครูขานชื่อนักเรียน เตรียมความพร้อมก่อนเข้าเรียน
2. ครูทบทวนเนื้อหา จากการสอนครั้งที่ 16 โดยการถามตอบและนักเรียนส่งการบ้าน
3. ชั้น M ครูนำเข้าสู่บทเรียน และครูแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้
4. ชั้น I ครูสอนสรุปเนื้อหาสาระเกี่ยวกับทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด
5. ชั้น A นักเรียนทำตามใบงานที่ 13 เรื่องทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุดเป็นกลุ่ม ขณะนักเรียนทำการทดลองครูจะสังเกตการทำงานกลุ่มและประเมินผล
6. ชั้น P นักเรียนนำเสนอผลการทดลอง เป็นรายกลุ่มและร่วมสรุปผล
7. นักเรียนเก็บเครื่องมือและทำความสะอาดห้องเรียน
8. นักเรียนทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 13

### สื่อและแหล่งการเรียนรู้

1. สื่อการเรียนรู้ หนังสือเรียน หน่วยที่ 13, PowerPoint ประกอบการสอน และแบบทดสอบก่อนเรียน และหลังเรียน
2. แหล่งการเรียนรู้ หนังสือ วารสารเกี่ยวกับทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด, อินเทอร์เน็ต

## การวัดและการประเมินผล

การวัดผล (ใช้เครื่องมือ)	การประเมินผล (นำผลเทียบกับเกณฑ์และแปลความหมาย)
1. แบบทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) หน่วยที่ 13	(ไว้เปรียบเทียบกับคะแนนสอบหลังเรียน)
2. แบบสังเกตการทำงานกลุ่มและนำเสนอผลงานกลุ่ม	เกณฑ์ผ่าน 60%
3. แบบฝึกหัดหน่วยที่ 13	เกณฑ์ผ่าน 50%
4. แบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 13	เกณฑ์ผ่าน 50%
5. แบบประเมินคุณธรรม จริยธรรม ตามสภาพจริง	เกณฑ์ผ่าน 60%

### งานที่มอบหมาย

- งานที่มอบหมายนอกเหนือเวลาเรียน ให้ทำแบบฝึกหัดข้อที่เหลือจากทำในชั้นเรียนให้เรียบร้อย  
ถูกต้อง สมบูรณ์
- ทบทวนเนื้อหาเพื่อเตรียมสอบทฤษฎี และปฏิบัติ ปลายภาคเรียน ในสัปดาห์ที่ 18

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

- ผลการทำและนำเสนอแบบฝึกหัดหน่วยที่ 13 และผ่านเกณฑ์
- ผลการทดลองตามใบงานที่ 13 เรื่องทฤษฎีการถ่ายโอนกำลังไฟฟ้าสูงสุด และผ่านเกณฑ์
- คะแนนแบบทดสอบหลังเรียน (Post-test) หน่วยที่ 13 และผ่านเกณฑ์

### เอกสารอ้างอิง

- ช่างศักดิ์ หมินกำหริม. วงจรไฟฟ้ากระแสตรง รหัสวิชา 2105-2002. (2556).  
นนทบุรี: ศูนย์หนังสือเมืองไทย.

**บันทึกหลังการสอน**

**1. ผลการใช้แผนการจัดการเรียนรู้**

.....  
.....  
.....

**2. ผลการเรียนรู้ของนักเรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ**

.....  
.....  
.....

**3. แนวทางการแก้ปัญหา**

.....  
.....  
.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ตัวแทนนักเรียน

ลงชื่อ.....

(.....)

ครูผู้สอน