

|                                                                                   |                                                         |                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------|
|  | <b>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3</b>                        | หน่วยที่ 3               |
|                                                                                   | ชื่อวิชา <b>เครื่องกลไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 30104-2003</b>    | สอนครั้งที่ <b>3-4</b>   |
|                                                                                   | ชื่อหน่วย <b>คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง</b> | ชั่วโมงรวม <b>10 ชม.</b> |

### หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 3.1 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก
- 3.2 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้ว
- 3.3 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีย์
- 3.4 คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมพาวด์
- 3.5 การเกิดอาร์เมเจอร์รีแอกชัน
- 3.6 การเกิดคอมมิวเทชัน

### สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ
2. ต่อดวงจรทดสอบและสรุปผลจากการทดลองคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ

### สมรรถนะที่พึงประสงค์

| ความรู้                                                                                                                                                                                                                      | ทักษะ                                                                                                               | คุณธรรม/จริยธรรม                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกได้<br>2. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วได้<br>3. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีย์ได้<br>4. อธิบายคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมพาวด์ได้ | 1. ต่อดวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้<br>2. ทดสอบหาคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้ | 1. ตรงต่อเวลา<br>2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา<br>3. มีความรับผิดชอบต่องานและสังคม<br>4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ<br>5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่ |

|                                        |  |                            |
|----------------------------------------|--|----------------------------|
| 5. อธิบายการเกิดอาร์เมเจอร์รีแอคชันได้ |  | สวยงาม                     |
| 6. อธิบายการเกิดคอมมิวเทชันได้         |  | 6. ทำงานด้วยความ<br>เต็มใจ |

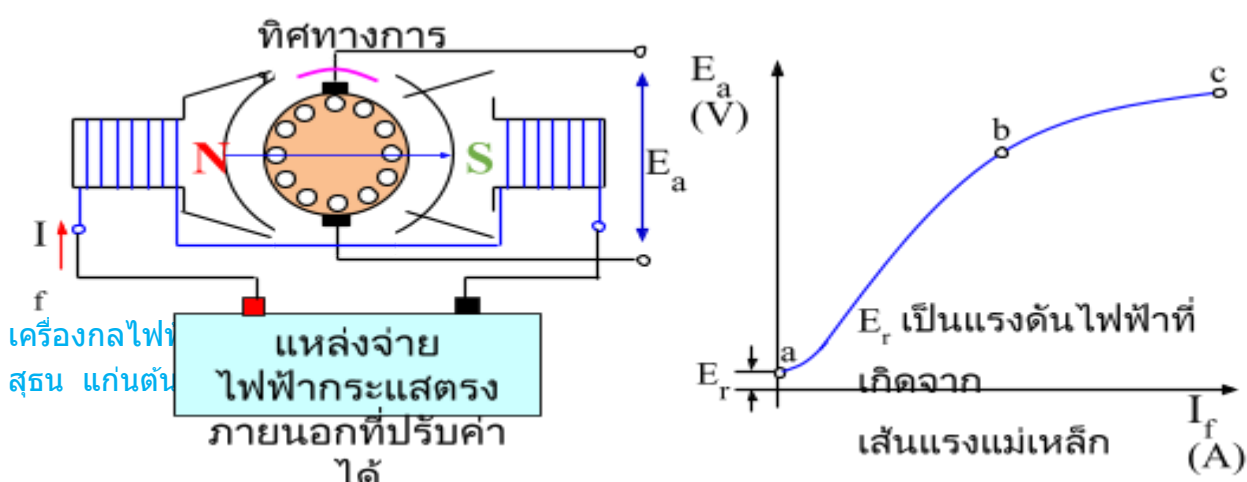
## เนื้อหาสาระ

### 3.1 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ต้องนำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์ที่หมุนไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

#### 3.1.1 คุณสมบัติเมื่อไม่มีโหลด ดังรูป แสดงคุณสมบัติของแรง

ดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ ( $E_g$ ) โดยการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสของขดลวดสนามแม่เหล็ก ( $I_f$ ) ที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกที่ปรับค่าได้ นั่นคือกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการปรับค่าของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก



(ก) การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (ข) เส้นโค้งคุณลักษณะเมื่อไม่มีโหลด

**รูปที่ 3.1** การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและเส้นโค้งของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

จากสมการ 
$$E_a = \frac{\Phi P n}{60} \times \frac{Z}{a} = \frac{PZ}{60a} \times \Phi n = K_a \Phi n$$

โดย 
$$K_a = \frac{PZ}{60a}$$
 กำหนดให้เป็นค่าคงที่ทางไฟฟ้า

แต่  $\Phi \propto I_f$  ( $I_f$  = กระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก)

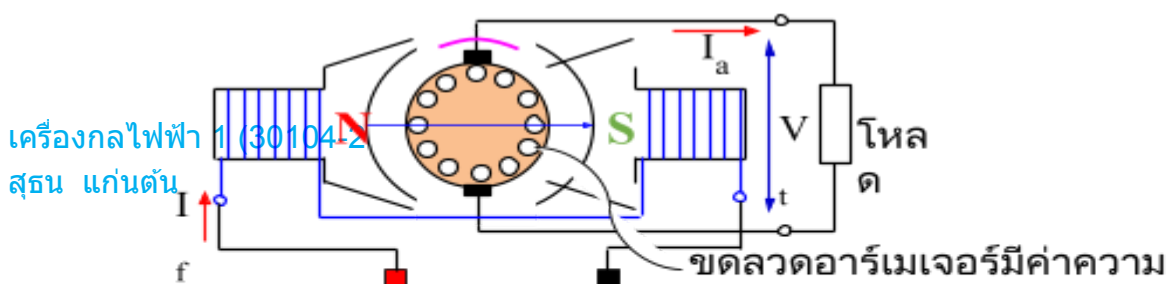
ดังนั้น  $\Phi = K_\phi I_f$  ( $K_\phi$  = ค่าคงที่ทางเส้นแรงแม่เหล็ก)

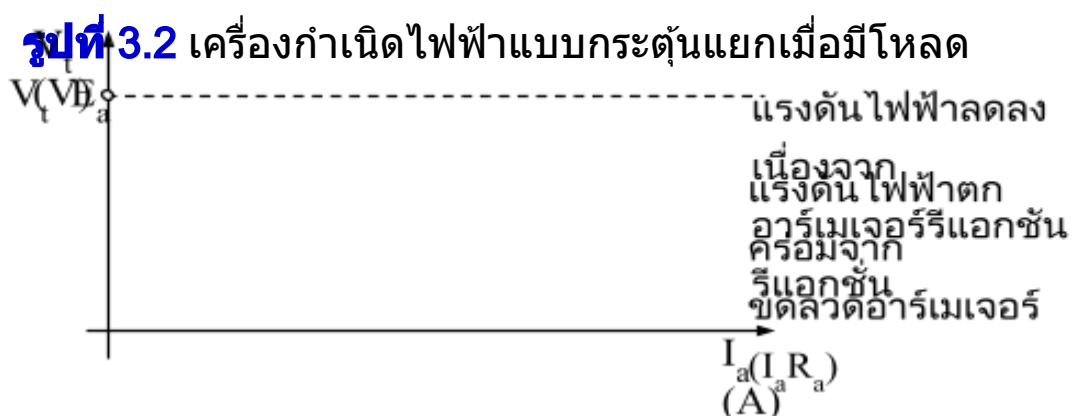
แทนค่า 
$$E_a = K_a K_\phi I_f n$$

กำหนดให้  $K_f = K_a K_\phi$  เป็นค่าคงที่ ซึ่งเป็นผลคูณของ  $K_a$  กับ  $K_\phi$  ดังนั้นจะได้

$$E_a = K_f I_f n \quad \text{..... (3.1)}$$

**3.1.2 คุณลักษณะเมื่อมีโหลด** เมื่อนำโหลดมาต่อเข้าที่ขั้วของอาร์เมเจอร์และหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่โหลดเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลดลง ดังรูปที่ และแสดงคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว ( $V_t$ ) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ ( $I_a$ ) ดังรูป





**รูปที่ 3.3** เส้นโค้งความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

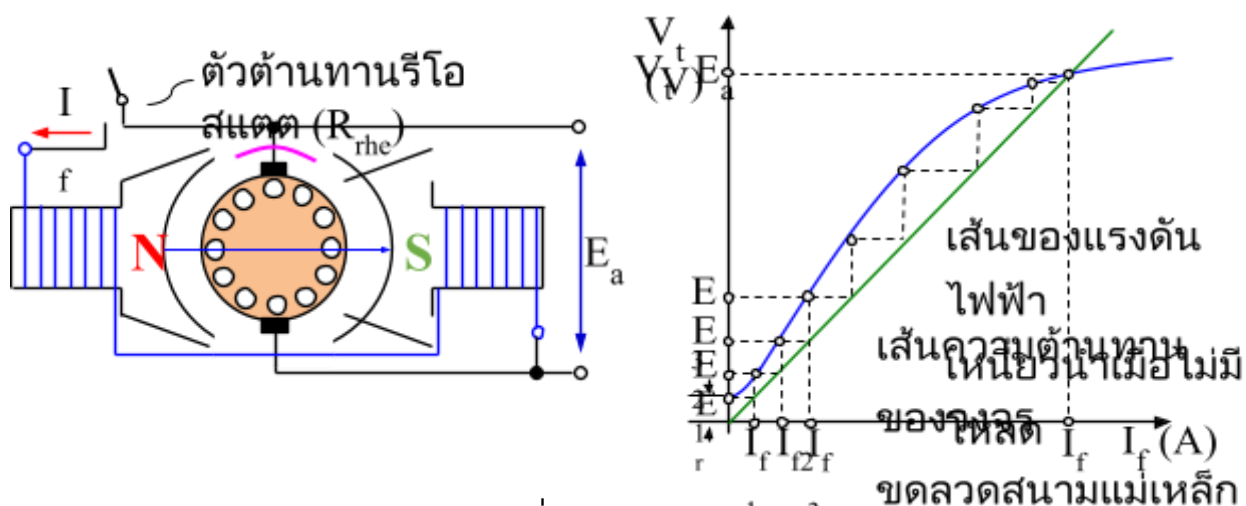
จากกราฟจะเห็นว่าเมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลด แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเปลี่ยนแปลงลดลง อันเนื่องจาก 2 สาเหตุ คือ แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชันกับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจากขดลวดอาร์เมเจอร์ ( $I_a R_a$ )

## 3.2 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้ว

เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้ว เป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่ได้แรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวมันเองมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก โดยแรงดันไฟฟ้าได้จากขดลวดอาร์เมเจอร์ที่หมุนไปตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก

**3.2.1 คุณสมบัติเมื่อไม่มีโหลด** ดังรูป แสดงคุณสมบัติของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ ( $E_a$ ) โดยการเปลี่ยนแปลงค่ากระแสไฟฟ้าของขดลวดสนามแม่เหล็ก ( $I_f$ ) ที่ได้จากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากตัวมันเอง โดยการปรับค่าความต้านทานรีโอสแตตที่ต่ออนุกรมกับขด

ลวดสนามแม่เหล็ก นั่นคือกระแสไฟฟ้าที่ขดลวดสนามแม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของรีโอสแตต



(ก) การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (ข) เส้นกราฟวิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

**รูปที่ 3.4** การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและเส้นกราฟวิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

### วิธีการสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากรูปที่ 3.4 (ก) เมื่อหมุนเครื่องกำเนิดให้มีความเร็วรอบคงที่ (เท่ากับความเร็ววิกฤต) ก็ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาค่าหนึ่ง ( $E_r$ ) อันเกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้างและไปตกคร่อมความต้านทานของขดลวดสนามแม่เหล็ก ( $R_f + R_{rhe}$ ) ทำให้เกิดมีกระแสไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น  $I_{f1}$  โดยกระแส  $I_{f1}$  ก็ไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้นเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นเป็น  $E_1$  และแรงดันไฟฟ้า  $E_1$  ก็ไปตกคร่อมความต้านทานของขดลวดสนามแม่เหล็กทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น  $I_{f2}$  โดยกระแส  $I_{f2}$  ก็ไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้นเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นเป็น  $E_2$  และแรงดันไฟฟ้า  $E_2$  ก็ไปตกคร่อมความต้านทานของขดลวดสนามแม่เหล็ก

แม่เหล็กทำให้เกิดมีกระแสไฟฟ้าไหลในขดลวดสนามแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเป็น  $I_3$  โดยกระแส  $I_3$  ก็ไปสร้างเส้นแรงแม่เหล็กให้เพิ่มขึ้น เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นเป็น  $E_3$  ในลักษณะแบบนี้ไปเรื่อย ๆ ดังรูปที่ 3.4 (ข) จากการเพิ่มขึ้นของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแสไฟฟ้าของขดลวดสนามแม่เหล็กจะไปสิ้นสุดที่จุดตัดกันระหว่างเส้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อไม่มีโหลดกับเส้นความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็ก ซึ่งจุดตัดนี้เป็นจุดกำหนดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขั้วของเครื่องกำเนิดนั่นเอง

จากที่กล่าวมาถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่สร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามขนาดที่ต้องการ ซึ่งอาจมีสาเหตุขัดข้องต่าง ๆ และวิธีการไขดังนี้

**1. ไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง** เนื่องจากไม่ได้ใช้งานเป็นเวลานาน หรือเครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกสร้างขึ้นใหม่ซึ่งจะไม่มีเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง วิธีการแก้ไข นำแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอกมากระตุ้นที่ขดลวดสนามแม่เหล็ก ในเวลาสั้น ๆ 3-5 วินาที

**2. ต่อขดลวดสนามแม่เหล็กกลับขั้ว** ทำให้กระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง วิธีการแก้ไข กลับขั้วของขดลวดสนามแม่เหล็ก

**3. ปรับความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กสูงเกินไป** ซึ่งจุดตัดทั้งสองเส้นมีค่าใกล้เคียงกับ  $E_r$  ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกค้าง วิธีการแก้ไข ลดค่าความต้านทานของวงจรขดลวดสนามแม่เหล็กทำได้โดยการปรับที่ตัวต้านทานรีโอสแตด

**4. วงจรของขดลวดอาร์เมเจอร์ขาด** อันได้แก่ขดลวดอาร์เมเจอร์ขาดวงจร การสัมผัสแปรงถ่านกับซี่คอมมิวเตเตอร์ไม่แน่นพอหรือแปรงถ่านสึกหรอมาก วิธีการแก้ไข ตรวจสอบวงจรขดลวดอาร์เมเจอร์อันได้แก่ การเปิดวงจร สปริงกดแปรงถ่าน ตรวจสอบและทำความสะอาดแปรงถ่าน

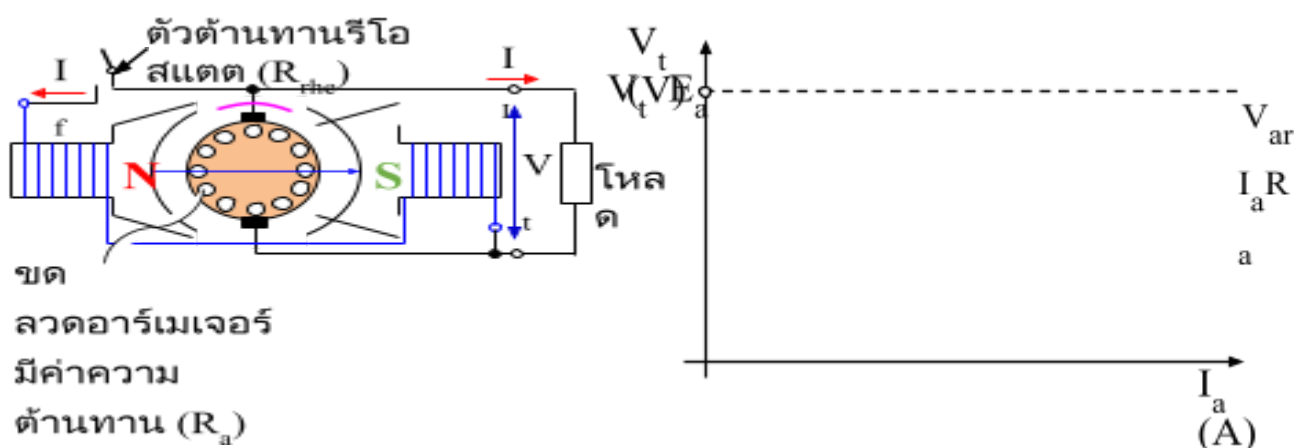
**5. หมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากลับทิศทาง** จะทำให้แรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำตกค้างมีขั้วตรงข้าม จึงทำให้กระแสที่ใช้ในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง วิธีการแก้ไข หมุนเครื่องกำเนิดตามทิศทางที่กำหนด

**6. ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดต่ำกว่าความเร็ววิกฤติ** เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำแปรตามกับความเร็วรอบเมื่อความเร็วรอบต่ำ ๆ ทำให้แรงดันไฟฟ้าตกค้างน้อยมากเส้นแรงแม่เหล็กก็จะน้อยมากด้วย ทำให้ไม่เพียงพอที่จะสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมา วิธีการแก้ไขก็คือหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้ได้ที่ความเร็วรอบตามพิกัด

### 3.2.2 คุณสมบัติเมื่อมีโหลด เมื่อนำโหลดมาต่อเข้ากับขั้วของ

อาร์เมเจอร์และหมุนด้วยความเร็วรอบคงที่ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่โหลดเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วลดลง ดังรูป และแสดงคุณลักษณะ ของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว ( $V_t$ ) ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากับกระแสไฟฟ้า

ที่อาร์เมเจอร์ ( $I_a$ ) ดังรูปที่ 3.7 (ข)



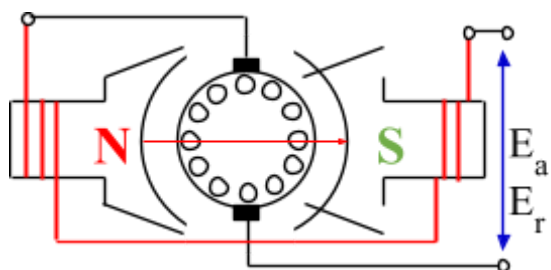
(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วต้วเมื่อมีโหลด (ข) เส้นแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

**รูปที่ 3.5** เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วต้วเมื่อมีโหลดและเส้นคุณลักษณะ

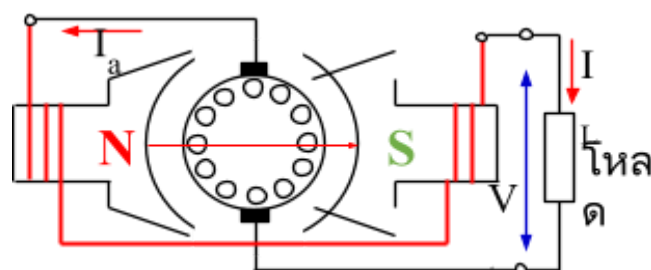
จากกราฟเห็นว่าเมื่อเครื่องกำเนิดยังไม่มีโหลด แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นผลทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงลดลง อันเนื่องจาก 2 สาเหตุ คือ แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชัน ( $V_{ar}$ ) กับแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมจากขดลวดอาร์เมเจอร์ ( $I_a R_a$ ) แต่แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะตกมากกว่าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

### 3.3 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์

**3.3.1 คุณสมบัติเมื่อไม่มีโหลด** ดังรูปเมื่อยังไม่นำโหลดมาต่อเข้ากับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้วงจรของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเปิดวงจร ดังนั้นถ้าหมุนเครื่องกำเนิดไฟฟ้าให้มีความเร็วรอบคงที่ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจะสร้างแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นมาเพียงเล็กน้อยอันเกิดจากเส้นแรงแม่เหล็กตกค้าง



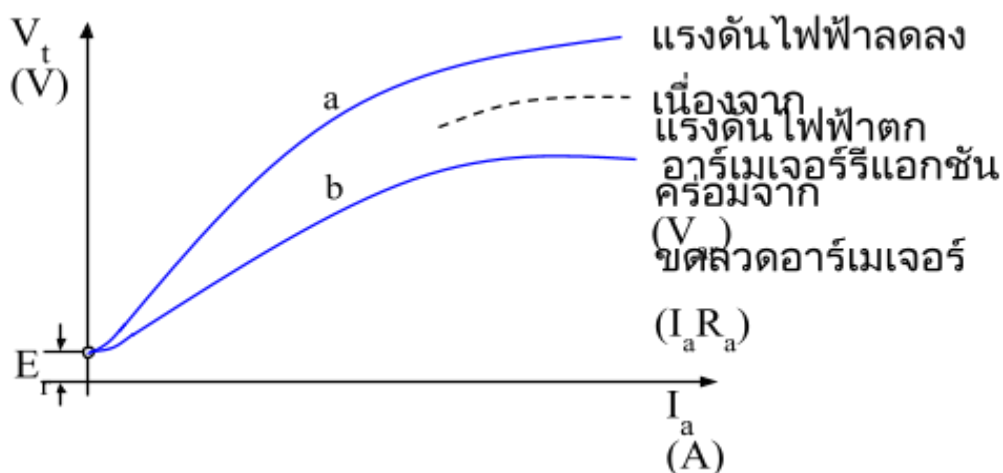
(ก) เมื่อยังไม่ต่อโหลด  
กำเนิดไฟฟ้า



(ข) เมื่อต่อโหลดเข้ากับเครื่อง

**รูปที่ 3.6** เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์เมื่อไม่มีโหลดและมีโหลด

**3.3.2 คุณสมบัติเมื่อมีโหลด** ซึ่งจะแสดงคุณลักษณะของแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดเมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนไป จากรูป เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงกระแสไฟฟ้าที่โหลดให้มีค่าเพิ่มขึ้น ก็ทำให้กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์เพิ่มขึ้นด้วยและไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ก็ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเพิ่มขึ้นด้วยและส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำเพิ่มขึ้นและแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วก็เพิ่มขึ้นด้วย นั่นคือถ้ากระแสโหลดเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นก็ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นด้วยดังรูป



**รูปที่ 3.7** เส้นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

### 3.4 คุณสมบัติของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมพาวด์

ถ้านำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์กับขดลวดแบบชั้นต่อมาต่อแบบผสม ซึ่งแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะไม่เปลี่ยนแปลงมากนักหรืออาจเปลี่ยนแปลงอย่างมากทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการต่อในการสร้างเส้นแรงแม่เหล็กของขดลวดสนามแม่เหล็กทั้งสอง ดังนี้

## 3.4.1

## สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน แบบนี้

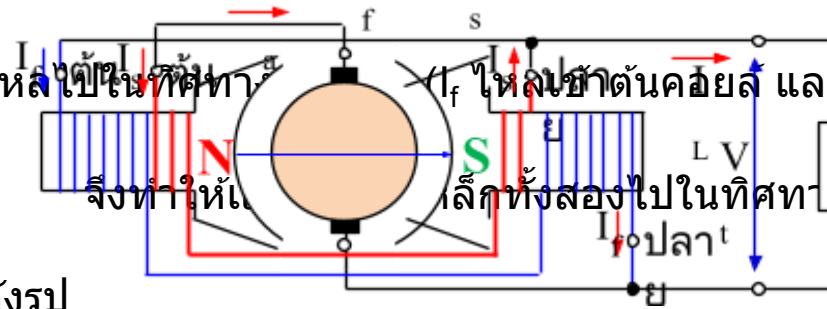
เป็นการต่อโดยให้ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็ก

เสริมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขัณฑ์ เมื่อขดลวดทั้งสองมีกระแสไหล

ผ่านโดยไหลไปในทิศทางเดียวกัน (เช่น  $I_f$  ไหลเข้าขัณฑ์ และ  $I_s$  ก็ไหลเข้า

ขัณฑ์) จึงทำให้ได้เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองไปในทิศทางเดียวกันและ

เสริมกัน ดังรูป



### รูปที่ 3.8 การต่อขดลวดสนามแม่เหล็กแบบลองขัณฑ์คอมปาวด์สร้างเส้นแม่เหล็กเสริมกัน

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลดแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วเท่ากับแรงดัน

ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ เมื่อกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้น

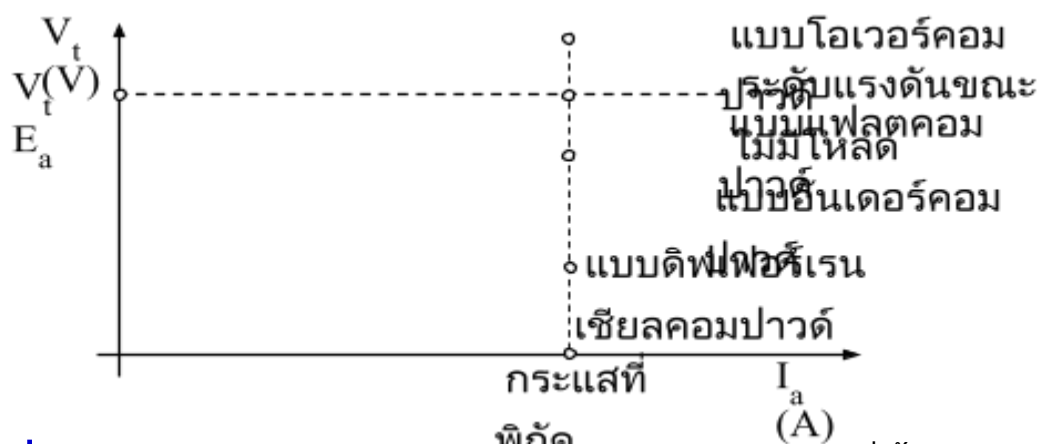
แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์พยายามเปลี่ยนแปลงลดลง แต่

เนื่องจากมีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์และไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก

แบบซีรีส์ด้วย จึงเกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ขดลวดซีรีส์โดยสร้างเส้นแรง

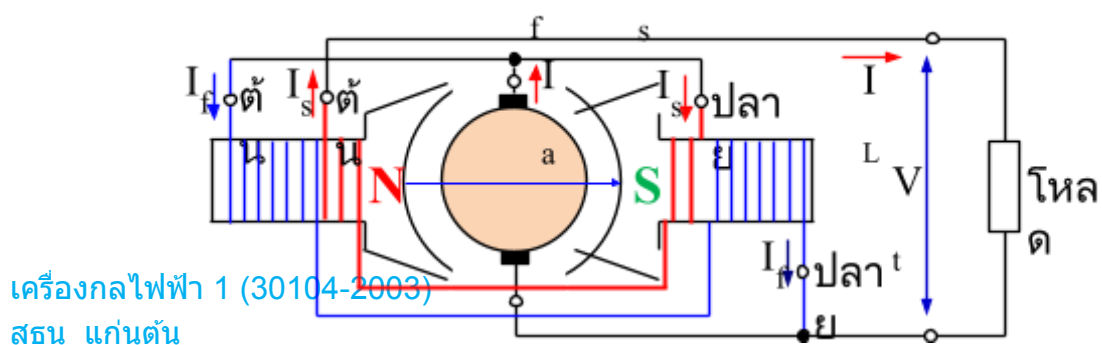
แม่เหล็กให้เพิ่มขึ้น และไปเสริมกับเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวด

สนามแม่เหล็กแบบขัณฑ์ จึงทำให้แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ที่สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน โดยแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วจะเปลี่ยนแปลงมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ การออกแบบจำนวนรอบที่พันของขดลวดสนามแม่เหล็กซีรีส์



**รูปที่ 3.9** เส้นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่ขั้วกับกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์

**3.4.2 สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน** แบบนี้เป็นการต่อโดยให้ขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขัณฑ์ เมื่อขดลวดทั้งสองมีกระแสไหลผ่านโดยไหลไปในทิศทางตรงข้ามกัน ( $I_f$  ไหลเข้าต้นคอยล์ แต่  $I_s$  ไหลเข้าปลายคอยล์) จึงทำให้เส้นแรงแม่เหล็กทั้งสองมีทิศทางตรงข้ามกันและหักล้างกัน ดังรูป



### รูปที่ 3.10 การต่อขดลวดสนามแม่เหล็กแบบข้อตันทันต์คอมปาวด์สร้าง เส้นแรงแม่เหล็กหักล้างกัน

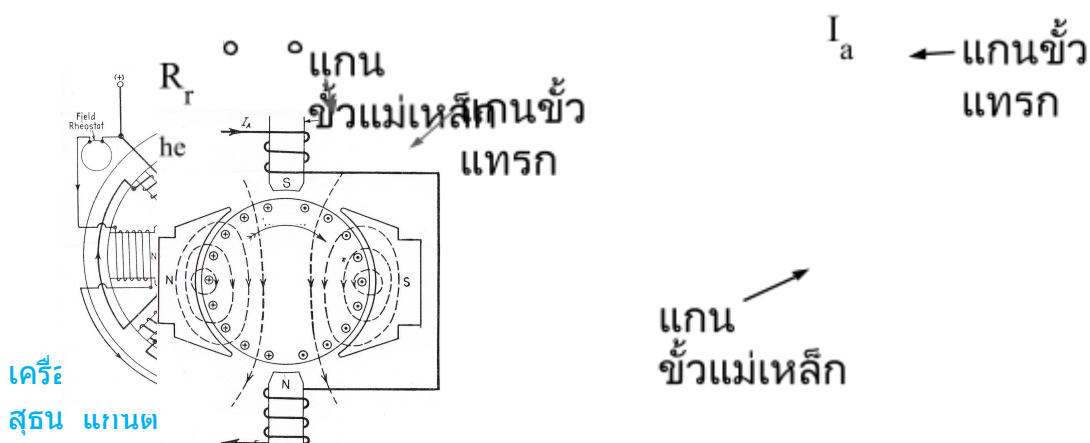
## 3.5 การเกิดอาร์เมเจอร์reaktion

**อาร์เมเจอร์reaktion** หมายถึง การเกิดเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลด โดยเส้นแรงแม่เหล็กจากขดลวดอาร์เมเจอร์ไปกระทำกับเส้นแรงแม่เหล็กที่แกนขั้ว ทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเกิดการบิดเบี้ยว (Distortion) ไป

จากผลการเกิดอาร์เมเจอร์reaktion ทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำลดลงและยังทำให้เกิดประกายไฟที่หน้าแปรงถ่านกับขั้วคอมมิวเตเตอร์ ดังนั้นการแก้อาร์เมเจอร์reaktionทำได้ดังนี้

**1. เลื่อนตำแหน่งแปรงถ่าน** โดยการเลื่อนแปรงถ่านไปยังตำแหน่งแกนนิวทรัลใหม่ดังรูปที่ 3.14 ข้อดีก็คือไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดมาต่อเข้าเพิ่มเติมเพียงแต่เลื่อนแปรงถ่าน โดยเลื่อนไปตามทิศทางการหมุนส่วนข้อเสียต้องเลื่อนแปรงถ่านทุกครั้งเมื่อกระแสที่อาร์เมเจอร์เปลี่ยนแปลงจึงไม่เป็นที่นิยม

**2. ใส่ขั้วแทรกหรืออินเตอร์โพล (Com-poles or Inter-pole)** เป็นขั้วแม่เหล็กเล็ก ๆ ที่แทรกไว้กึ่งกลางขั้วแม่เหล็กหลัก ดังรูป โดยที่ขั้วแทรกพันด้วยลวดทองแดงเส้นโตและต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์ เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีโหลดทำให้มีกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์และไหลผ่านขดลวดขั้วแทรกและมีเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขั้วแทรกตามทิศทางการหมุนของกระแสไฟฟ้า โดยทิศทางของขั้วแทรกจะต้องมีขั้วที่เหมือนกับขั้วแม่เหล็กหลักที่อยู่ข้างหน้าตามทิศทางการหมุน



(ก) การวางตำแหน่งขั้วแทรก

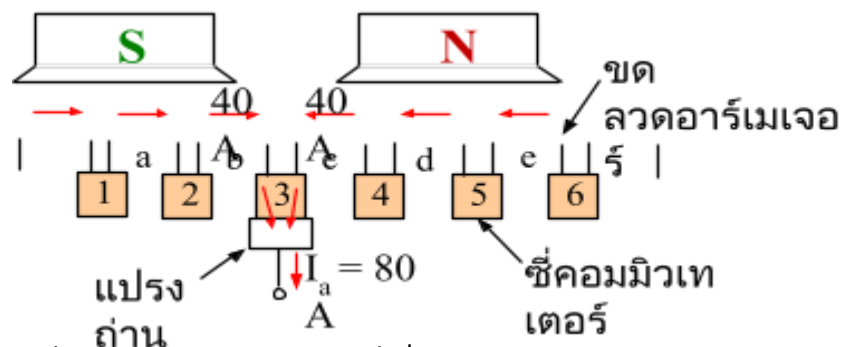
(ข) การทำงานของขั้วแทรก

**รูปที่ 3.11** การวางตำแหน่งขั้วแทรกของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

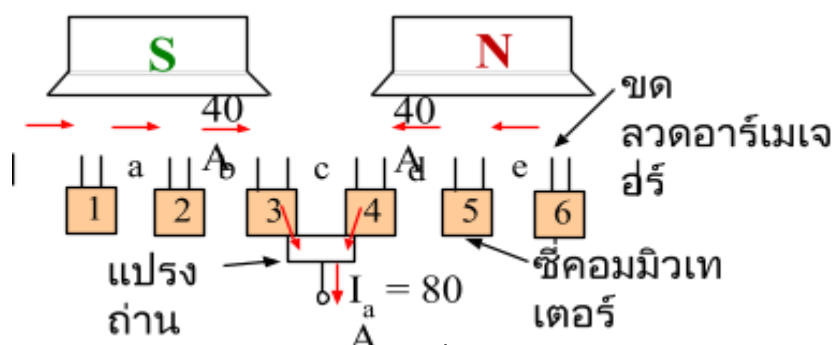
**3. พันขดลวดชดเชย** (Compensating winding) ขดลวดชดเชยจะพันจากทองแดงเส้นโตและวางอยู่ในร่องบริเวณผิวด้านหน้าของขั้วแม่เหล็กหลักโดยมีต้นและปลายของขดลวดแต่ละชุดวางอยู่ผิวหน้าอย่างละครึ่งของแกนขั้วแม่เหล็ก

### 3.6 การเกิดคอมมิวเทชัน

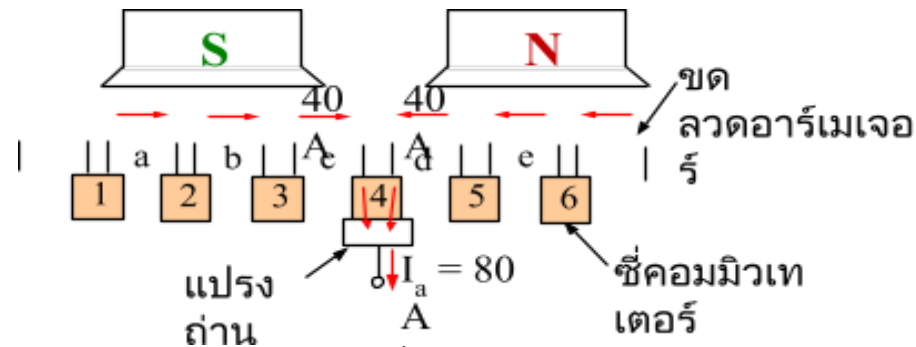
**คอมมิวเทชัน** หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าในขดลวดอาร์เมเจอร์เมื่อขดลวดอาร์เมเจอร์ชุดนั้นเคลื่อนที่ผ่านพื้นแกนนิวทรัล ซึ่งอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลางขั้วแม่เหล็กเหนือและขั้วแม่เหล็กใต้ที่อยู่ประชิดกัน



(ก) เมื่อแปรงถ่านสัมผัสที่ขี้ออมมิวเทเตอร์ 3 อย่างเดียว



(ข) เมื่อแปรงถ่านสัมผัสที่ขี้ออมมิวเทเตอร์ 3 และ 4



(ค) เมื่อแปรงถ่านสัมผัสที่ซึ่คอมมิวเตเตอร์ 4 อย่างเดียว

**รูปที่ 3.12** การเกิดคอมมิวเทชัน

### กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

| ขั้นตอนการสอน<br>(กิจกรรมของครู)                                                                                                                                                                       | ขั้นตอนการเรียนรู้<br>(กิจกรรมผู้เรียน)                                                                                                                                          | เครื่องมือ/การ<br>วัดผล<br>ประเมินผล                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| <b>1. ชี้นำเข้าสู่บทเรียน</b><br>1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้<br>1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้<br>คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง<br>1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3 | 1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้<br>1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของของความรู้คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง<br>1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 3 | 1. คำถาม<br>ประจำหน่วย<br>2. แบบทดสอบ<br>ก่อน<br>เรียนหน่วยที่<br>3 |
| <b>2. สอนทฤษฎี</b><br>2.1 ครูอธิบายเรื่อง<br>คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงโดยใช้สื่อประกอบ<br>2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับ<br>คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง                              | 2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู<br>2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น                                                                                                            | 1. power point<br>หน่วยที่ 3<br>2. คำถามหน่วย<br>ที่ 3              |
| <b>3. ชี้นำสรุป</b>                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                  |                                                                     |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปและครูซักถาม<br/>ปัญหาข้อสงสัย</p> <p><b>4. ขั้นสอนปฏิบัติ</b></p> <p>4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มๆ ละ 2 คน</p> <p>4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3</p> <p>4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน</p> <p>4.4 ตรวจผลงานของนักศึกษา</p> <p><b>5. ขั้นการประเมินผล</b></p> <p>5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 3</p> <p>5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต</p> <p>5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับแบบทดสอบคืน</p> <p><b>6. ขั้นมอบหมายงาน</b></p> <p>6.1 มอบหมายให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำรายงานส่งสัปดาห์ต่อไป</p> <p><b>7. ขั้นตรวจสอบความเรียบร้อย</b></p> <p>7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของชุดฝึกและความเรียบร้อยของห้องเรียนห้องปฏิบัติงาน</p> | <p>3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและตอบคำถาม</p> <p>3.2 จัดบทที่ทยอย</p> <p>4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆ ละ 2 คน</p> <p>4.2 นักศึกษาปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3</p> <p>4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน</p> <p>4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ</p> <p>5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียนหน่วยที่ 3</p> <p>5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน</p> <p>5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่งแบบทดสอบคืน</p> <p>6.1 รับมอบหมายงาน</p> <p>7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและทำความสะอาดห้องเรียนห้องปฏิบัติงานให้เรียบร้อย</p> | <p>1. ใบสรุปหน่วยที่ 3</p> <p>1.ใบตรวจการปฏิบัติงานตามใบงานที่ 3</p> <p>1. แบบทดสอบหลังเรียนหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ</p> <p>1. ใบมอบงานหน่วยที่ 3</p> <p>1.ใบตรวจสอบความเรียบร้อย</p> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม ก่อนเรียน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 3

เครื่องกลไฟฟ้า 1 (30104-2003)

สุรน แก่นตัน

### ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

### หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับคุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

### สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียน **เครื่องกลไฟฟ้า 1** ผู้แต่ง **สุธน แก่นตัน** ผู้จำหน่าย บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด
2. Power point เรื่อง คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
3. ของจริง ตามรายละเอียดในใบงานที่ 3
4. ใบมอบหมายงานที่ 3

### การวัดผลการเรียน

#### ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ

#### ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

#### หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ

### การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 3 จำนวน 18 ข้อ (แบบเลือกตอบ)
2. สังเกตการมีส่วนร่วมในการเรียน
3. สังเกตจากการตอบคำถาม / การอภิปราย

### เอกสารอ้างอิง

1. สุธน แก่นตัน. (2563). **เครื่องกลไฟฟ้า 1**  
นนทบุรี : โรงพิมพ์บริษัท ศูนย์หนังสือเมืองไทย จำกัด.

## บันทึกหลังการจัดการเรียนรู้ของครู

รหัสวิชา **30104-2003** ชื่อรายวิชา **เครื่องกลไฟฟ้า 1**

วันที่..... เดือน..... พ.ศ.....

หน่วยที่ **3** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง**

จำนวนนักศึกษาเข้าเรียน ..... คน

### ผลการใช้แผนการสอน

1. ดำเนินการตามแผนการสอน [    ] ครบถ้วน [    ] ไม่ครบถ้วน เพราะ.....
2. ความเหมาะสมของเวลาที่ใช้ในการเรียนการสอน [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
3. ความเหมาะสมของการเรียนการสอน [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุง เพราะ.....
4. ความเหมาะสมการใช้สื่อการสอน [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุง เพราะ.....
5. ความเหมาะสมในการวัดและการประเมิน [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
6. บรรยากาศในการเรียนการสอน [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....

### ผลการเรียนของนักเรียน

7. ด้านพุทธิสัย [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....
8. ด้านทักษะพิสัย [    ] น่าพอใจ [    ] ต้องปรับปรุงเพราะ.....

9. ด้านจิตพิสัย [ ] นำพอใจ [ ] ต้องปรับปรุงเพราะ

### ผลการสอนของครู

10. [ ] นำพอใจ [ ] ต้องปรับปรุง เพราะ.....

11. ปัญหา แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ครูผู้สอน

(นาย

..... )

### แบบให้คะแนนการปฏิบัติงาน

วิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1

รหัสวิชา 30104-2003

ชื่อหน่วย คุณลักษณะของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

| ที่ | รายการประเมิน               | คะแนนเต็ม | คะแนนที่ได้ | หมายเหตุ |
|-----|-----------------------------|-----------|-------------|----------|
| 1   | การต่อวงจรถูกต้อง (7 คะแนน) |           |             |          |

เครื่องกลไฟฟ้า 1 (30104-2003)

สุรน แก่นตัน

|                  |                                                                               |           |  |  |
|------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|--|--|
|                  | 1.1 ต่ออุปกรณ์การทดลอง<br>1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์ | 4<br>3    |  |  |
| 2                | ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงใน<br>ทุกตารางมีค่าถูกต้อง               | 2         |  |  |
| 3                | การสรุปผลการทดลอง                                                             | 4         |  |  |
| 4                | คำตอบและการวิเคราะห์หาค่าการทดลอง                                             | 3         |  |  |
| 5                | การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อย<br>หลังการปฏิบัติงาน  | 2         |  |  |
| 6                | ผลงานสำเร็จและส่งงานภายใน<br>ชั่วโมงของการเรียน                               | 2         |  |  |
| <b>คะแนนเต็ม</b> |                                                                               | <b>20</b> |  |  |

## ผลการประเมิน

- 16–20 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดีมาก
- 14–15 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ดี
- 12–13 คะแนน อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง
- 10–11 คะแนน อยู่ในเกณฑ์พอใช้
- ต่ำกว่า 10 คะแนน ไม่ผ่านเกณฑ์การประเมิน

ลงชื่อ \_\_\_\_\_ ผู้ประเมิน  
( \_\_\_\_\_ )  
\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_