

	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	หน่วยที่ 4
	ชื่อวิชา เครื่องกลไฟฟ้า 1 รหัสวิชา 30104-2003	สอนครั้งที่ 5-6
	ชื่อหน่วย การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ	ชั่วโมงรวม 10 ชม.

หัวข้อเรื่อง (Topics)

- 4.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก
- 4.2 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซันด์
- 4.3 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีย์
- 4.4 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมพาวด์
- 4.5 การสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.6 กำลังในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.7 ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.8 การคำนวณหาค่าต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง
- 4.9 ภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

สมรรถนะย่อย (Element of Competency)

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ และประสิทธิภาพ
2. ต่อดวงจรทดสอบและสรุปผลจากการทดลองหาค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
กระแสตรงแบบต่าง ๆ

สมรรถนะที่พึงประสงค์

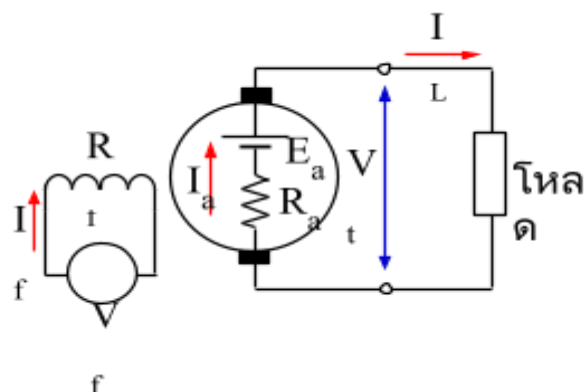
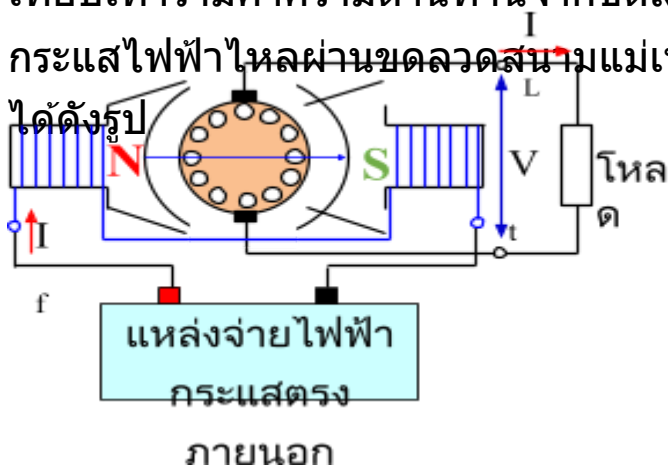
ความรู้	ทักษะ	คุณธรรม/จริยธรรม
---------	-------	------------------

1. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยกได้ 2. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วได้ 3. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรี่ย์ได้ 4. อธิบายวงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ได้ 5. อธิบายการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 6. อธิบายกำลังในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 7. อธิบายประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงได้ 8. คำนวณหาค่าต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้ 9. อธิบายภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้	1. ต่อดวงจรเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้ 2. ทดสอบหาค่ากำลังไฟฟ้าและประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบต่าง ๆ ได้	1. ตรงต่อเวลา 2. มีความตระหนักในหน้าที่ของนักศึกษา 3. มีความรับผิดชอบต่อตนเองและสังคม 4. แต่งกายถูกต้องตามระเบียบ 5. แสดงความเคารพด้วยท่าทีที่สุภาพงาม 6. ทำงานด้วยความเต็มใจ
---	---	--

เนื้อหาสาระ

4.1 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบกระตุ้นแยก

แผนภาพวงจร (Schematic diagram) แสดงดังรูป ซึ่งภายในขดลวดอาร์เมเจอร์เทียบเท่าว่ามีแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (E_a) กับค่าความต้านทานอาร์เมเจอร์ (R_a) ที่ต่ออนุกรมกัน ส่วนที่ขดลวดสนามแม่เหล็กเทียบเท่าว่ามีค่าความต้านทานจากขดลวดสนามแม่เหล็ก (R_f) และมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวดสนามแม่เหล็ก (I_f) และเขียนเป็นวงจรสมมูลได้ดังรูป



เครื่องกลไฟฟ้า 1 (30104-2003)

สุรน แก่นตัน

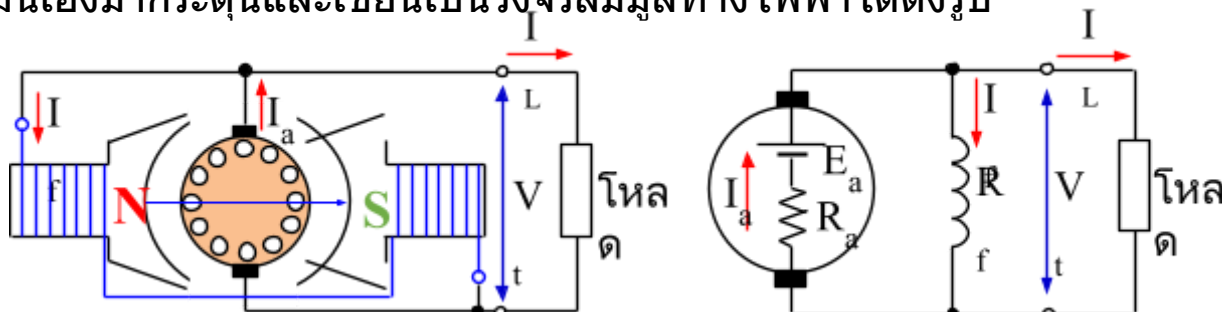
(ก) แผนภาพวงจร

(ข) วงจรสมมูล

รูปที่ 4.1 แผนภาพวงจรและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ
กระตุ้นแยกเมื่อมีโหลด

4.2 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบชัณฑ์

แผนภาพวงจรแสดงดังรูป ซึ่งวงจรสมมูลของขดลวดอาร์เมเจอร์และ
ขดลวดสนามแม่เหล็กเหมือนกับแบบกระตุ้นแยก เพียงมีแหล่งจ่ายจากตัว
มันเองมากระตุ้นและเขียนเป็นวงจรสมมูลทางไฟฟ้าได้ดังรูป



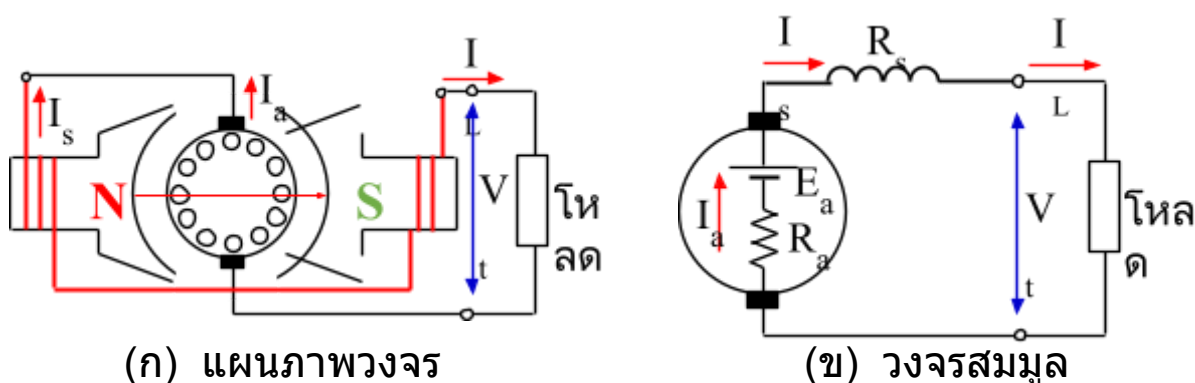
(ก) แผนภาพวงจร

(ข) วงจรสมมูล

รูปที่ 4.2 แผนภาพวงจรและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบ
ชัณฑ์เมื่อมีโหลด

4.3 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรส์

แผนภาพวงจรแสดงดังรูป ซึ่งวงจรสมมูลของขดลวด
อาร์เมเจอร์เหมือนกับแบบชัณฑ์ ส่วนขดลวดสนามแม่เหล็กแบบอนุกรม
(R_s) ต่ออนุกรมกับอาร์เมเจอร์และเขียนเป็นวงจรสมมูลได้ดังรูป



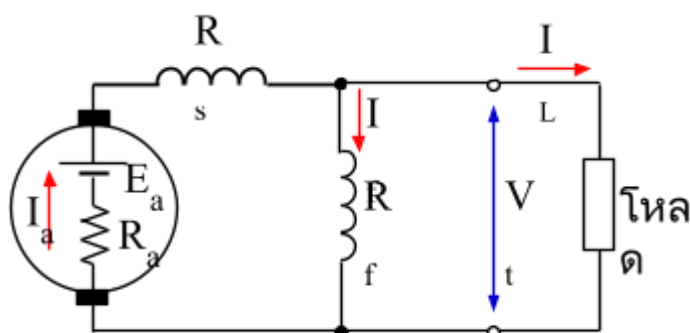
(ก) แผนภาพวงจร

(ข) วงจรสมมูล

รูปที่ 4.3 แผนภาพวงจรและวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์เมื่อมีโหลด

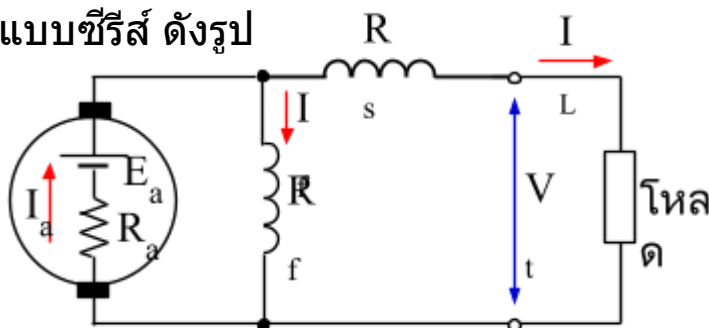
4.4 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์

4.4.1 แบบลองชันต์คอมปาวด์ เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์มาต่ออนุกรมกับอาร์-เมเจอร์ก่อนแล้วจึงนำมาต่อขนานกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นต์ ดังรูป



รูปที่ 4.4 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบลองชันต์คอมปาวด์

4.4.2 แบบช็อดชันต์คอมปาวด์ เป็นการนำขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชั๊นต์มาต่อขนานกับอาร์-เมเจอร์ก่อนแล้วจึงนำมาต่ออนุกรมกับขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ ดังรูป



รูปที่ 4.5 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบช็อดชันต์คอมปาวด์

4.5 การสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้ายังไม่มีโหลดหรือมีโหลดก็ตาม จะมีการสูญเสียในเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ได้แก่ การสูญเสียในขดลวดทองแดง การสูญเสียในแกนเหล็กและการสูญเสียในทางกล ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูป



รูปที่ 4.6 กลุ่มการสูญเสียของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

4.5.1 การสูญเสียในขดลวดทองแดง (Copper losses)

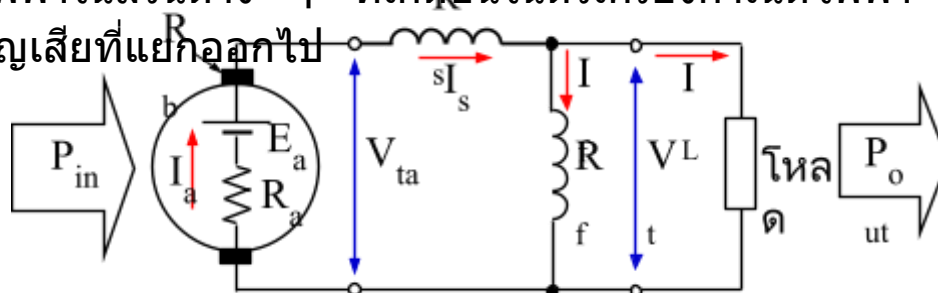
เนื่องจากขดลวดทองแดงที่พันอยู่ในเครื่อง-กำเนิดไฟฟ้ามีค่าความต้านทานและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านทำให้เกิดกำลังไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด

4.5.2 การสูญเสียในแกนเหล็ก (Core losses) การสูญเสียนี้เกิดขึ้นที่แกนอาร์เมเจอร์ขณะที่แกนอาร์เมเจอร์หมุนเคลื่อนที่ผ่านขั้วเหนือและขั้วใต้ ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปและได้ออกมาในรูปของความร้อน

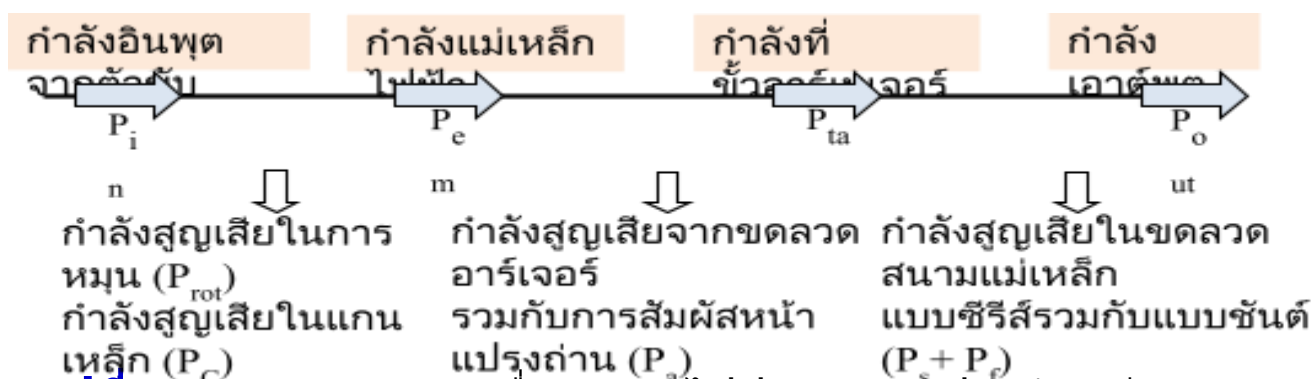
4.5.3 การสูญเสียในทางกล (Mechanical losses) การสูญเสียนี้เกิดขึ้นขณะที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนไปซึ่งต้องใช้กำลังบางส่วนเพื่อชนะแรงทางกลเหล่านี้ บางครั้งเรียกว่า **การสูญเสียในการหมุน (Rotational losses)** กำหนดให้เป็น P_{ro} ซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าที่สูญเสียไปเช่นกัน

4.6 กำลังในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ดังรูปเป็นวงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์โดยมีกำลังอินพุตจ่ายเข้ามา มีกำลังเอาต์พุตออกไปที่โหลดและยังได้แสดงกำลังไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในตัวเครื่องกำเนิดไฟฟ้า พร้อมทั้งกำลังสูญเสียที่แยกออกไป



(ก) วงจรสมมูลเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์โดยมีกำลังอินพุตและกำลังเอาต์พุต



รูปที่ 4.7 วงจรสมมูลของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์และส่วนต่างๆ ของกำลังไฟฟ้า

4.7 ประสิทธิภาพเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{loss}} \times 100 \quad \text{..... (4.19)}$$

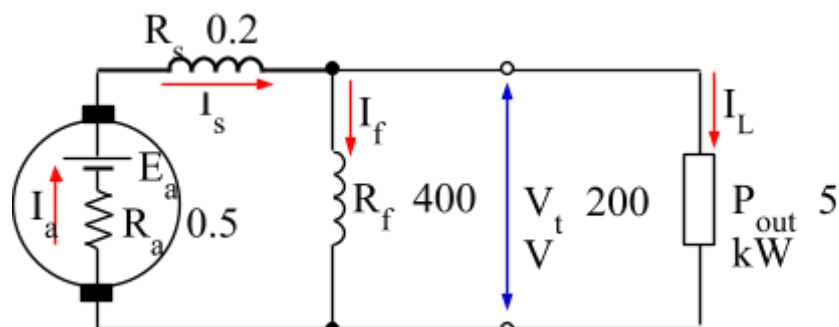
4.8 การคำนวณหาค่าต่างๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

ตัวอย่างที่ 4.1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองชันต์คอมปาวด์และสร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน มีค่าความต้านทานจากขดลวดอาร์เมเจอร์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบชันต์เป็น $0.5 \, \Omega$, $0.2 \, \Omega$ และ $400 \, \Omega$ ตามลำดับ มีกำลังไฟฟ้าที่โหลด เป็น $5 \, \text{kW}$ ที่แรงดันไฟฟ้าที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า $200 \, \text{V}$ มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุน $420 \, \text{W}$ กำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็ก $180 \, \text{W}$ แรงดันไฟฟ้าลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอกชันไม่นำมาคิด จงคำนวณหา

- แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์
- กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด
- ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ง. เขียนกำลังไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

วิธีทำ เขียนวงจรสมมูลทางไฟฟ้าและกำหนดค่าต่าง ๆ ให้กับวงจร



จากวงจรสมมูลหากระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ก่อนได้ดังนี้

$$I_L = \frac{P_L}{V_t} = \frac{5 \times 10^3}{200} = 25 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{200}{400} = 0.5 \text{ A}$$

$$I_a = I_s = I_f + I_L = 0.5 + 25 = 25.5 \text{ A}$$

ก. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์

$$E_a = V_t + I_a R_a + I_s R_s$$

$$E_a = 200 + (25.5 \times 0.5) + (25.5 \times 0.2) =$$

$$217.85 \text{ V}$$

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับ 217.85 V

ตอบ

ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวด } P_{cc} = P_f + P_a + P_s =$$

$$I_f^2 R_f + I_a^2 R_a + I_s^2 R_s)$$

$$= (0.5^2 \times 400) + (25.5^2 \times 0.5) + (25.5^2 \times 0.2)$$

$$P_{cc} = 100 + 325.25 + 130.125 = 555.375 \text{ W}$$

โจทย์กำหนดให้ $P_{rot} = 420 \text{ W}$ และ $P_c = 180 \text{ W}$

$$P_{\text{loss}} = P_{\text{co}} + P_{\text{rot}} + P_c = 555.75 + 420 + 180$$

$$P_{\text{loss}} = 1155.75 \text{ W}$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 1155.175 W

ตอบ

ค. ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

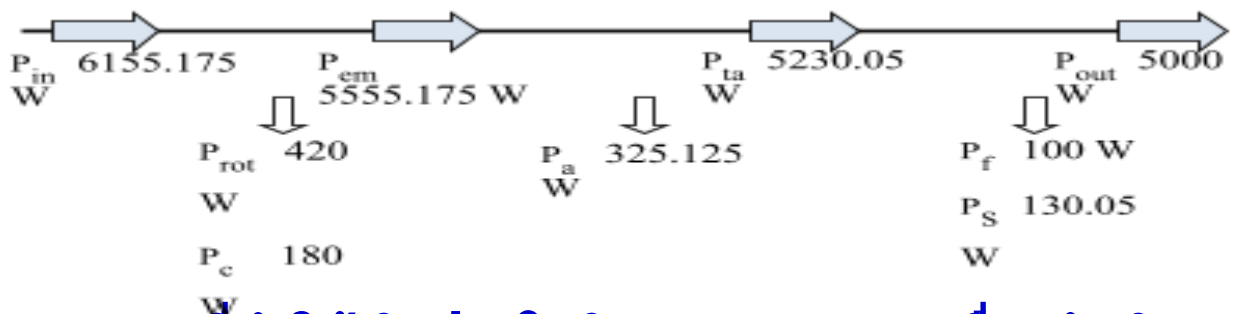
$$\eta = \frac{P_{\text{out}}}{P_{\text{out}} + P_{\text{loss}}} \times 100 = \frac{5000}{(5000 + 1155.75)} \times 100$$

$$= 81.23$$

ประสิทธิภาพของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 81.23 %

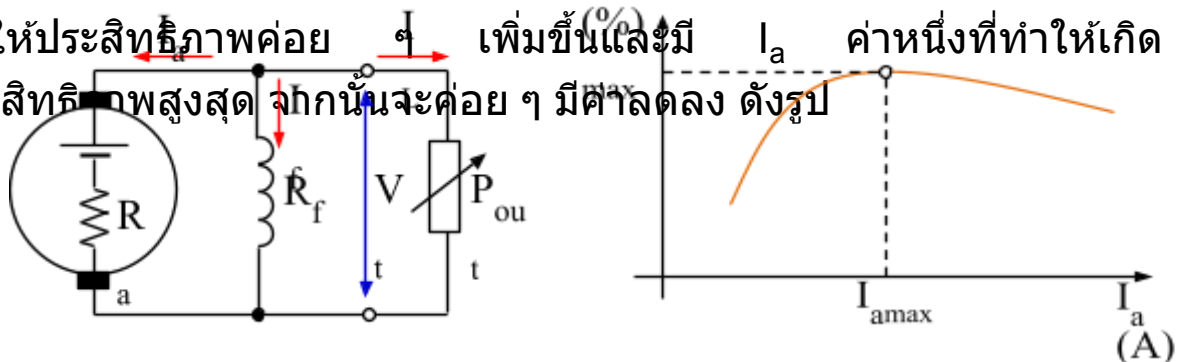
ตอบ

ง. เขียนกำลังไฟฟ้าในส่วนต่าง ๆ ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า



4.9 ภาวะที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

เมื่อโหลดมีการเปลี่ยนแปลงผลทำให้กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ (I_a) เปลี่ยนแปลงด้วยดังรูป ซึ่งทำให้กำลังไฟฟ้าเอาต์พุตและกำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวดอาร์เมเจอร์และในขดลวดซีรีส์เกิดการเปลี่ยนแปลงไปด้วยเช่นกัน แต่กำลังสูญเสียในการหมุน ในแกนเหล็กและจากขดลวดชั้นดมีค่าคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกระแส I_a เมื่อกระแส I_a ค่อย ๆ เพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและมี I_a ค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด หลังจากนั้นจะค่อย ๆ มีค่าลดลง ดังรูป



(ก) เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วต้วเมื่อโหลดเปลี่ยนแปลง (ข) เส้นกราฟประสิทธิภาพเมื่อ I_a เพิ่มขึ้น

รูปที่ 4.8 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบขั้วต้วเมื่อมีโหลดเปลี่ยนแปลงและประสิทธิภาพ

เห็นว่าเกิดกำลังไฟฟ้าสูงสุดเมื่อกำลังไฟฟ้าสูญเสียที่ขดลวดอาร์เมเจอร์ซึ่งแปรค่าไปตามกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์มีค่าเท่ากับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมกับกำลังไฟฟ้าสูญเสียในแกนเหล็กและกำลังไฟฟ้าสูญเสียจากขดลวดขั้วต้วซึ่งเป็นกำลังไฟฟ้าสูญเสียคงที่ นั่นคือประสิทธิภาพจะสูงสุด เมื่อ

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียแปรค่าตามกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์} = \text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียคงที่}$$

โดยกระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์จะมีค่าหนึ่งที่ทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด กำหนดให้เป็น I_{a1ma} หาค่าได้ดังนี้

$$I_{a1ma}^2 R_a = P_{rot} + P_c + P_f$$

$$I_{a1ma}^2 = \frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a}$$

$$I_{a1ma} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a}}$$

เมื่อพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบซีรีส์ จะได้

$$I_{a1ma} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c}{R_a + R_s}}$$

เมื่อพิจารณาเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบคอมปาวด์ซึ่งมีทั้งขดลวดซีรีส์และขดลวดขั้วต้ว จะได้

$$I_{a1ma} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a + R_s}}$$

ตัวอย่างที่ 4.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแบบลองขั้วต้วคอมปาวด์สร้างเส้นแรงแม่เหล็กเสริมกัน มีค่าความต้านทานจากขด

ลวดอาร์เมเจอร์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบซีรีส์ จากขดลวดสนามแม่เหล็กแบบขั้วเป็น $0.08 \, \Omega$ $0.1 \, \Omega$ และ $110 \, \Omega$ ตามลำดับ มีกำลังไฟฟ้าที่โหลดเป็น $22 \, \text{kW}$ แรงดันไฟฟ้าที่ขั้ว $220 \, \text{V}$ ให้ประสิทธิภาพ 80% แรงดันไฟฟาลดลงเนื่องจากอาร์เมเจอร์รีแอคชันไม่นำมาคิด จงคำนวณหา

- ก. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด
- ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมการสูญเสียในแกนเหล็ก
- ค. กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด
- ง. ประสิทธิภาพสูงสุด

วิธีทำ

A

$$I_L = \frac{P_L}{V_t} = \frac{22 \times 10^3}{220} = 100$$

$$I_f = \frac{V_t}{R_f} = \frac{220}{110} = 2 \, \text{A}$$

$$I_a = I_f + I_L = 2 + 100 = 102 \, \text{A}$$

$$\text{กำลังไฟฟ้าสูญเสียในขดลวด} \quad P_{cc} = P_f + P_a + P_s = I_f^2 R_f + I_a^2 R_a + I_s^2 R_s$$

$$= (2^2 \times 110) + (102^2 \times 0.08) + (102^2 \times 0.1)$$

$$P_{cc} = 440 + 833.28 + 1044$$

$$= 2317.28 \, \text{W}$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

$$P_{ir} = \frac{P_{out}}{\eta} = \frac{22 \times 10^3}{80} = 27500 \, \text{W}$$

- ก. กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมด

$$P_{los} = P_{in} - P_{ou} = 27500 - 22000$$

$$P_{os} = 5500 \text{ W}$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 5500 W

ตอบ

ข. กำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมการสูญเสียในแกนเหล็ก

$$P_{rot} + P_c = P_{loss} - P_{cc} = 5500 - 2312.$$

$$P_{rot} + P_c = 3187.28 \text{ W}$$

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในการหมุนรวมการสูญเสียในแกนเหล็กมีค่าเท่ากับ 3187.28W

ตอบ

ค. กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุด

$$I_{a1ma} = \sqrt{\frac{P_{rot} + P_c + P_f}{R_a + R_s}} =$$

$$\sqrt{\frac{3187.28 + 440}{0.08 + 0.1}}$$

$$I_{a1ma} = 141.956 \text{ A}$$

กระแสไฟฟ้าที่อาร์เมเจอร์ที่ทำให้ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ 141.956 A

ตอบ

ง. ประสิทธิภาพสูงสุด

ประสิทธิภาพจะสูงสุดเมื่อ

$$(P_a + P_s) = (P_{rot} + P_c) + P_f = 3187.28 + 440 = 3627.28 \text{ W}$$

$$I_L = I_{a1max} \times I_f = 141.956 \times 0.98 = 139.9 \text{ A}$$

$$\eta_{ma} = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta_{ma} = \frac{V_{tL}}{V_{tL} + (P_a + P_s) + (P_{rot} + P_c + P_f)} \times 100$$

$$\eta_{ma} = \frac{220139.956}{(220139.956 + 36228) + (3627) \times 100$$

$$\eta_{ma} = \frac{30790.32}{380488} \times 100$$

$$= 80.9\%$$

ประสิทธิภาพสูงสุดมีค่าเท่ากับ

80.93 % **ตอบ**

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นตอนการสอน (กิจกรรมของครู)	ขั้นตอนการเรียนรู้ (กิจกรรมผู้เรียน)	เครื่องมือ/การ วัดผล ประเมินผล
1.ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน 1.1 ครูบอกจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 ครูสอบถามความสำคัญของความรู้ การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ 1.3 ครูแจกแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4	1.1 นักเรียนรับฟังจุดประสงค์ของการเรียนในหน่วยเรียนนี้ 1.2 นักเรียนบอกความสำคัญของความรู้การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ 1.3 นักเรียนทำทดสอบก่อนเรียน หน่วยที่ 4	1. คำถาม ประจำหน่วย 2. แบบทดสอบ ก่อน เรียนหน่วยที่ 4
2. ขั้นสอนทฤษฎี 2.1 ครูอธิบายเรื่องการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ โดยใช้สื่อประกอบ 2.2 ชักถามปัญหาเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิด	2.1 รับฟังคำบรรยายและตอบคำถามจากครู 2.2 ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็น	1. power point หน่วยที่ 4 2. คำถามหน่วย ที่ 4

เครื่องกลไฟฟ้า 1 (30104-2003)

สุรน แก่นตัน

ไฟฟ้ากระแสตรงและ ประสิทธิภาพ 3. ขั้นสรุป 3.1 ครูและนักเรียนช่วยกันสรุป และครูซักถาม ปัญหาข้อสงสัย 4. ขั้นสอนปฏิบัติ 4.1 แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่ม ๆ ละ 2 คน 4.2 ให้นักศึกษาปฏิบัติงาน ตามใบงานที่ 4 4.3 ควบคุมการปฏิบัติงาน 4.4 ตรวจผลงานของ นักศึกษา 5. ขั้นการประเมินผล 5.1 ครูแจกใบประเมินผลหลัง เรียนหน่วยที่ 4 5.2 ดูแลนักเรียนไม่ให้ทุจริต 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดรับ แบบทดสอบคืน 6. ขั้นมอบหมายงาน 6.1 มอบหมายให้นักเรียนไป ค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับ คุณลักษณะของเครื่องกำเนิด ไฟฟ้ากระแสตรงแล้วทำ รายงานส่งสัปดาห์ต่อไป 7. ขั้นตรวจสอบความ เรียบร้อย 7.1 ตรวจสอบความเรียบร้อยของ ชุดฝึกและความ เรียบร้อยของห้องเรียนห้อง ปฏิบัติงาน	3.1 นักเรียนช่วยครูสรุปและ ตอบคำถาม 3.2 จัดบทที่ที่ย่อ 4.1 แบ่งกลุ่มเป็นกลุ่มๆละ 2 คน 4.2 ศึกษาศึกษาปฏิบัติงานตามใบ งานที่ 4 4.3 ปฏิบัติงานตามใบงาน 4.4 ส่งผลงานการปฏิบัติ 5.1 รับใบประเมินผลหลังเรียน หน่วยที่ 4 5.2 ทำแบบทดสอบหลังเรียน 5.3 เมื่อครบเวลาที่กำหนดส่ง แบบทดสอบคืน 6.1 รับมอบหมายงาน 7.1 ช่วยกันจัดเก็บชุดฝึกและ ทำความสะอาดห้องเรียนห้อง ปฏิบัติงานให้เรียบร้อย	1. ใบสรุปหน่วย ที่ 4 1.ใบตรวจการ ปฏิบัติงาน ตามใบงานที่ 4 1. แบบทดสอบ หลังเรียน หน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ 1. ใบมอบงาน หน่วยที่ 4 1.ใบตรวจสอบ ความ เรียบร้อย
---	--	--

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม ก่อนเรียน

เครื่องกลไฟฟ้า 1 (30104-2003)
สุรน แก่นตัน

- นักศึกษาทำแบบทดสอบก่อนเรียนหน่วยที่ 4

ขณะเรียน

- ให้นักศึกษาอภิปรายเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ

หลังเรียน

- ให้นักเรียนไปค้นคว้าเพิ่มเติมเกี่ยวกับการวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพที่ใช้งานจริง แล้วทำรายงานส่งในสัปดาห์ต่อไป

สื่อการเรียนการสอน

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

การวัดผลการเรียน

ก่อนเรียน

ทดสอบก่อนเรียน (Pre-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ

ขณะเรียน

ถาม – ตอบปัญหา ความสนใจ ความตั้งใจ และการอภิปราย

หลังเรียน

ทดสอบหลังเรียน (Post-test) โดยใช้ข้อสอบหน่วยที่ 4 จำนวน 17 ข้อ

การประเมินผล

1. การประเมินผลโดยใช้แบบประเมินผลหลังการเรียนหน่วยที่ 4 จำนวน 17 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 **4** หัวข้อเนื้อหาที่สอน **การวิเคราะห์เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงและประสิทธิภาพ**

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 1.2 ต่อเครื่องวัดไฟฟ้า เช่น โวลต์มิเตอร์ แอมมิเตอร์	4 3		
2	ผลของการทดลองโดยค่าต่าง ๆ ที่บันทึกลงใน ทุกตารางมีค่าถูกต้อง	2		
3	การสรุปผลการทดลอง	4		
4	คำตอบและการวิเคราะห์หาค่าการทดลอง	3		
5	การเก็บเครื่องมือ อุปกรณ์การทดลอง และความสะอาดเรียบร้อย หลังการปฏิบัติงาน	2		
6	ผลงานสำเร็จและส่งงานภายใน ชั่วโมงของการเรียน	2		
คะแนนเต็ม		20		

ผลการประเมิน

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

ลงชื่อ _____ ผู้ประเมิน
(_____)
_____/_____/_____