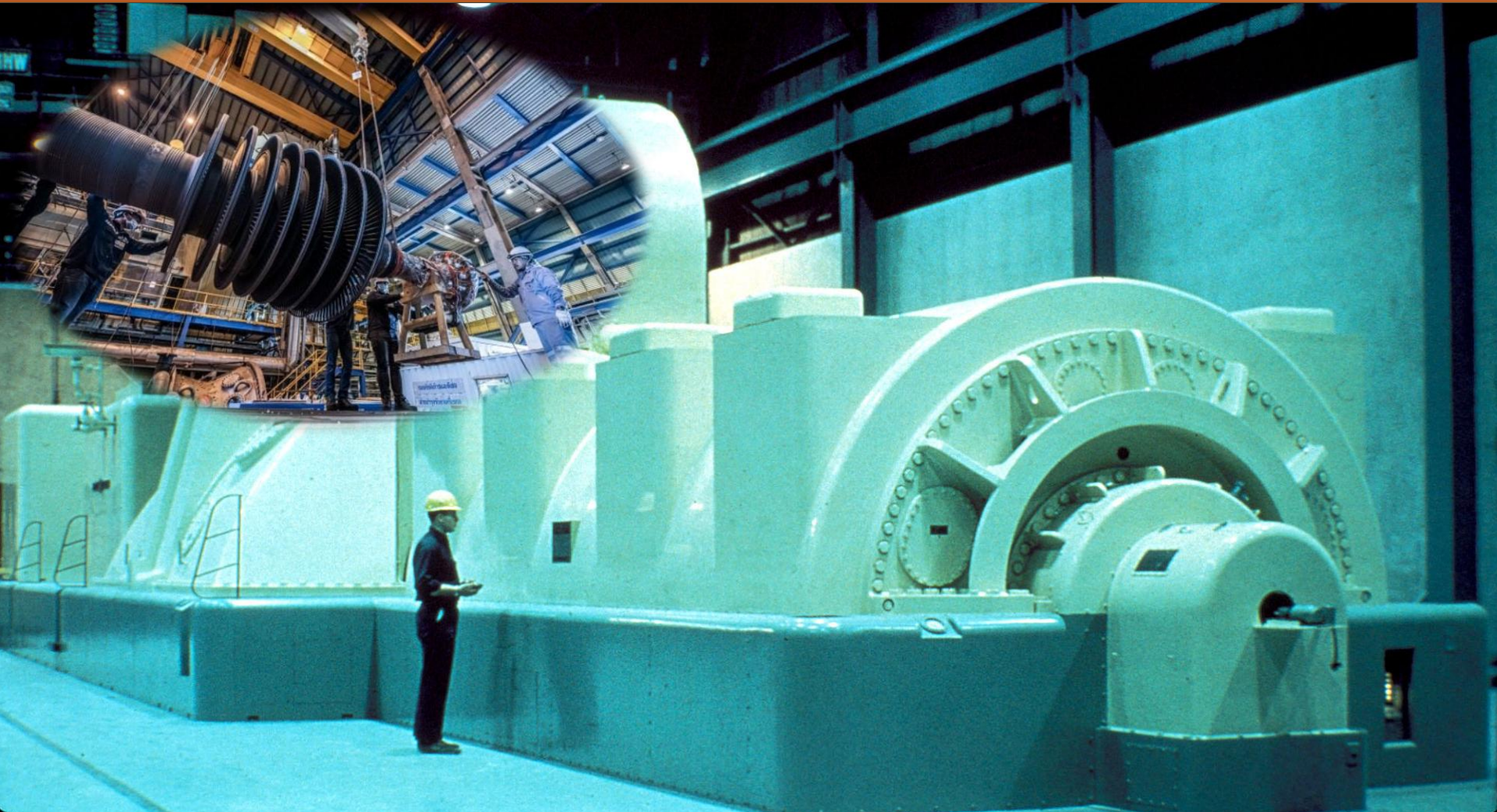
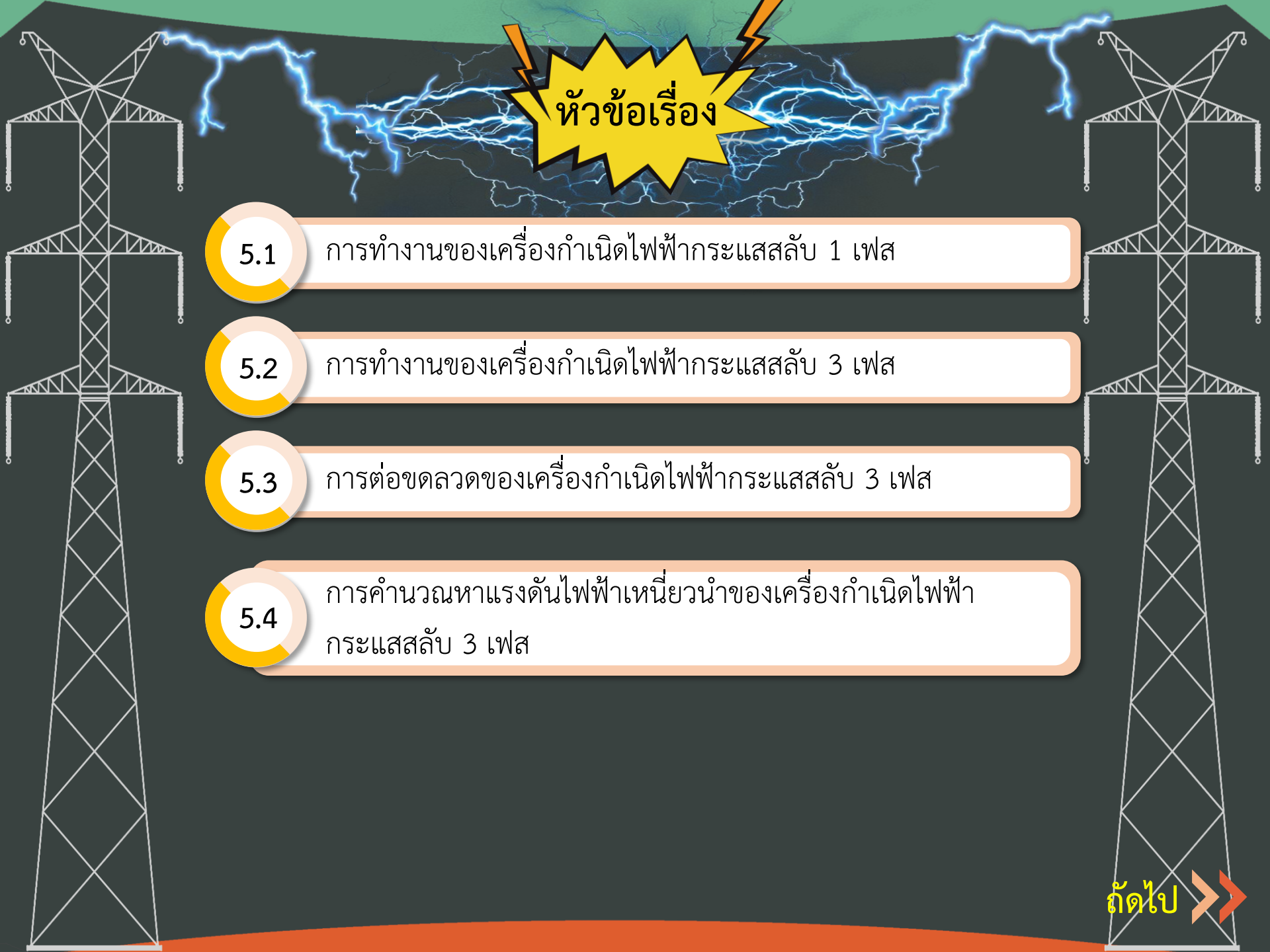


หน่วยที่ 5

การทำงานและแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ





หัวข้อเรื่อง

5.1

การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส

5.2

การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

5.3

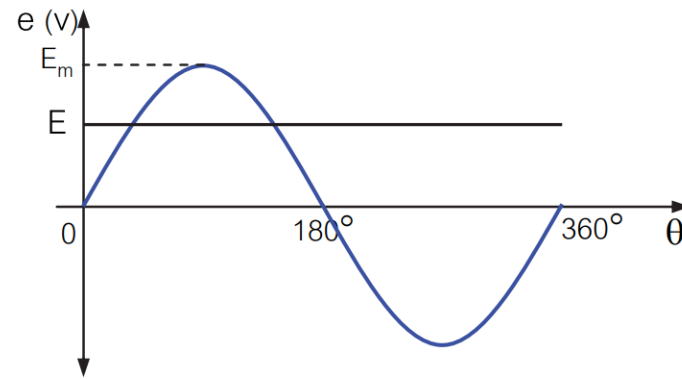
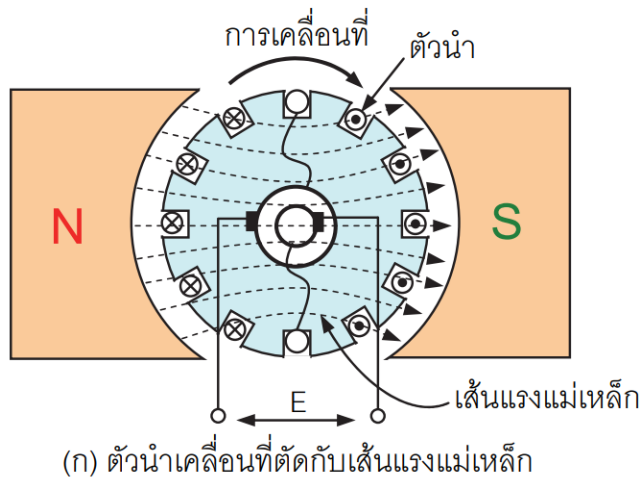
การต่อขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส

5.4

การคำนวณหาแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
กระแสสลับ 3 เฟส

5.1

การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ 1 เฟส



รูปที่ 5.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและรูปคลื่น

จากรูปที่ 5.1 ตัวนำทั้งหมดที่พันอยู่บนอาร์เมเจอร์เมื่อเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่อาร์เมเจอร์ซึ่งเป็นไปตามกฎของฟาราเดย์เมื่อใช้กฎมือขวาจะเห็นว่ากลุ่มตัวนำที่ตัดขั้ว N เป็นกระแสไหลเข้าและกลุ่มตัวนำที่ตัดขั้ว S เป็นกระแสไหลออกโดยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นทั้งหมดบนตัวนำที่ต่ออนุกรมกัน โดยต้นและปลายมาต่อเข้ากับวงแหวน สลิปริง โดยแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะได้จากวงแหวนสลิปริงผ่านแปรงถ่านที่สัมผัสอยู่



จากรูปที่ 5.1 เมื่อพิจารณาตัวนำเพียงตัวนำเดียว ดังนั้นเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิด จะได้

$$e/\text{ตัวนำ} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัวนำตัดผ่านใน 1 รอบ จะมีค่าเท่ากับ Φ_P

นั่นคือ

$$\Delta\Phi = \Phi_P$$

ตัวนำหมุน n รอบต่อวินาที ใช้เวลา

60 วินาที

ตัวนำหมุน 1 รอบต่อวินาที ใช้เวลา

$\frac{60}{n}$ วินาที

นั่นคือ

$$\Delta t = \frac{60}{n}$$

ดังนั้น

$$\begin{aligned} e/\text{ตัวนำ} &= \frac{\Phi_P}{60/n} \\ &= \frac{\Phi_P/n}{60} \end{aligned}$$

จากรูปที่ 5.1 เมื่อพิจารณาตัวนำเพียงตัวนำเดียว ดังนั้นเมื่อตัวนำเคลื่อนที่ตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิด จะได้

$$e/\text{ตัวนำ} = \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

จำนวนเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัวนำตัดผ่านใน 1 รอบ จะมีค่าเท่ากับ Φ_P

นั่นคือ

$$\Delta\Phi = \Phi_P$$

ตัวนำหมุน n รอบต่อวินาที ใช้เวลา

60 วินาที

ตัวนำหมุน 1 รอบต่อวินาที ใช้เวลา

$\frac{60}{n}$ วินาที

นั่นคือ

$$\Delta t = \frac{60}{n}$$

ดังนั้น

$$e/\text{ตัวนำ} = \frac{P}{60/n}$$

$$= \frac{\Phi_{P/n}}{60}$$

แต่

$$n = \frac{120f}{P}$$

$$e/\text{ตัวนำ} = \frac{\Phi_P}{60} \times \frac{120f}{P}$$

$$e/\text{ตัวนำ} = 2f\Phi$$

ถ้ากำหนดให้ Z เท่ากับจำนวนตัวนำทั้งหมด และ T เป็นจำนวนรอบที่พันทั้งหมดต่อเฟส ดังนั้น $Z = 2T$ จะได้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ได้จากตัวนำเป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำซึ่งเป็นค่าเฉลี่ย (E_{av}) จะได้

$$E_{av} = 2f\Phi Z$$

แต่ $Z = 2T$

$$E_{av} = 2f\Phi 2T$$

$$E_{av} = 4f\Phi T$$

แต่ความสัมพันธ์ ของแรงดันไฟฟ้าระหว่างค่าที่วัดได้ (E) กับค่าเฉลี่ย (E_{av}) มีค่า $av E = 1.11E$ จะได้

$$E = 1.11 \times 4f\Phi T$$

$$E = 4.44\Phi fT \quad \text{.....(5.1)}$$

จากสมการที่ (5.1) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E เป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อขดลวดพันแบบพิตช์เต็มและ
ขดลวดแต่ละคอยล์พันอยู่ในร่องเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติขดลวดที่อาร์เมเจอร์อาจจะลงขดลวดแบบพิตช์
เศษส่วนและขดลวดแต่ละคอยล์ในกรู๊ปจะพันขดลวดแบบกระจายในแต่ละร่อง ดังนั้นจึงต้องนำค่า K_p
และค่า K_d คูณเข้าไปในสมการที่ 5.1 เพราะสองค่านี้จะมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนั้นจะได้



เมื่อ

$$E = 4.44 \Phi f T K_p K_d \quad \text{.....(5.2)}$$

E = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่อาร์เมเจอร์หน่วยเป็น โวลต์ (V)

Φ = จำนวนเส้นแรงแม่เหล็ก หน่วยเป็น เวเบอร์ (Wb)

f = ความถี่ หน่วยเป็น เฮิรตซ์ (Hz)

T = จำนวนรอบที่พันต่อเฟส หน่วยเป็น รอบ

K_p = ตัวประกอบพิตช์

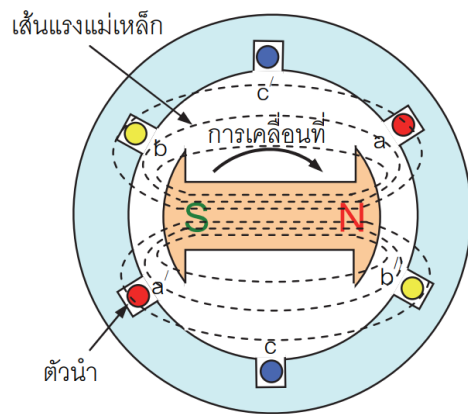
K_d = ตัวประกอบการกระจาย

5.2

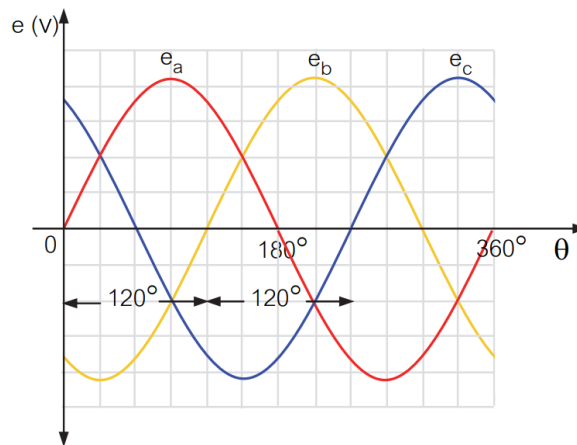
การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส



ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส ส่วนมากแล้วขดลวดอาร์เมเจอร์จะวางอยู่กับที่และมีขั้วแม่เหล็กเคลื่อนที่หมุนไปตัดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ที่วางอยู่กับที่จากรูปที่ 5.2 (ก) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่ 3 ชุด ชุดที่ 1 คือ aa' ชุดที่ 2 คือ bb' และชุดที่ 3 คือ cc' โดยแต่ละชุดวางห่างกัน 120° ทางไฟฟ้า ที่ได้กล่าวมาแล้วในหน่วยที่ 2 และหน่วยที่ 3 เมื่อเคลื่อนที่ขั้วแม่เหล็กไปตัดกับขดลวดทั้ง 3 ชุด ก็จะทำให้เกิดในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสลับ 3 เฟส ส่วนมากแล้วขดลวดอาร์เมเจอร์จะวางอยู่กับที่และมีขั้วแม่เหล็กเคลื่อนที่หมุนไปตัดกับขดลวดอาร์เมเจอร์ที่วางอยู่กับที่จากรูปที่ 5.2 (ก) จะมีขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่ 3 ชุด ชุดที่ 1 คือ aa' ชุดที่ 2 คือ cc' และชุดที่ 3 คือ cc' โดยแต่ละชุดวางห่างกัน 120° ทางไฟฟ้า ที่ได้กล่าวมาแล้วในหน่วยที่ 2 และหน่วยที่ 3 เมื่อเคลื่อนที่ขั้วแม่เหล็กไปตัดกับขดลวดทั้ง 3 ชุด ก็จะทำให้เกิด



(ก) เส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดกับตัวนำ

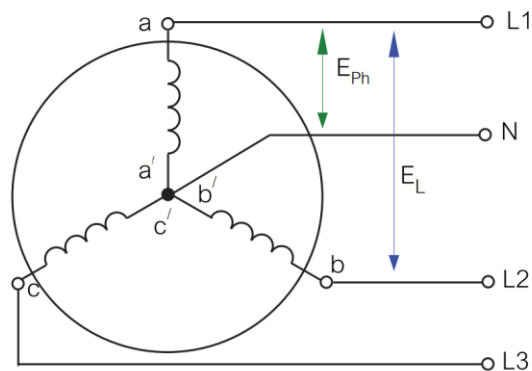


(ข) รูปคลื่นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

รูปที่ 5.2 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส

5.3.1 การต่อแบบวาย (Y)

จากสมการที่ (5.1) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ E เป็นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อขดลวดพันแบบพิตช์เต็มและขดลวดแต่ละคอยล์พันอยู่ในร่องเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัติขดลวดที่อาร์เมเจอร์อาจจะลงขดลวดแบบพิตช์เศษส่วนและขดลวดแต่ละคอยล์ในกรู๊ปจะพันขดลวดแบบกระจายในแต่ละร่อง ดังนั้นจึงต้องนำค่า K_p และค่า K_d คูณเข้าไปในสมการที่ 5.1 เพราะสองค่านี้จะมีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ดังนั้นจะได้



รูปที่ 5.3 การต่อขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบวาย

จากรูปที่ 5.3 แรงดันไฟฟ้าที่ได้จากสาย L1 กับสาย N, สาย L2 กับสาย N, และสาย L3 กับสาย N จะเรียกแรงดันไฟฟ้านี้ว่า **แรงดันที่เฟส** (E_{ph}) โดยแรงดันไฟฟ้าที่เฟสจะมีขนาดเท่ากัน ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากสาย L1 กับสาย L2, สาย L2 กับสาย L3, และสาย L3 กับสาย L1 จะเรียกแรงดันไฟฟ้านี้ว่า **แรงดันที่สาย** (E_L) โดยแรงดันที่สายจะมีขนาดเท่ากันจะทำให้ได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันที่เฟสและแรงดันที่สาย ดังนี้



$$E_L = \sqrt{3} E_{ph}$$

เมื่อขดลวดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าต่อแบบวายแรงดันไฟฟ้าที่สาย

จะมีค่าเป็น $\sqrt{3}$ เท่าของแรงดันไฟฟ้าที่เฟส

ตัวอย่างที่ 5.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ต่อแบบวาย มี 72 ร่อง 6 ขั้ว 60 Hz มี 8 ตัวนำต่อร่อง พันแบบพิตช์เศษส่วนโดยลงขดลวดมีระยะพิตช์ 1 กับ 11 โดยขดลวดแต่ละกรู๊ปต่ออนุกรมกัน มีเส้นแรงแม่เหล็กที่ขั้ว 0.02 Wb จงคำนวณหา

ก. ตัวประกอบพิตช์และตัวประกอบการกระจาย

ข. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เฟสและที่สาย

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้

$$\Phi = 0.02 \text{ Wb} \quad P = 6$$

$$f = 60 \text{ Hz} \quad Z_{\text{ร่อง}} = 8$$

$$\text{จำนวนร่อง} = 72 \text{ และ ระยะพิตช์ 1 กับ 11}$$

ก. ตัวประกอบพิตช์และตัวประกอบการกระจาย

$$\text{มุมระหว่างร่องต่อร่อง} \quad \beta = \frac{180^\circ}{\left(\frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}} \right)} = \frac{180^\circ}{\left(\frac{72}{6} \right)}$$

$$\beta = 15^\circ$$

$$\begin{aligned} \text{ระยะพิตช์เต็ม} &= \frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}} = \frac{72}{6} \\ &= 12 \text{ (ดังนั้นลงขดลวด 1 กับ 13)} \end{aligned}$$

แต่ขดลวดอาร์เมเจอร์ลงแบบพิตช์เศษส่วนโดยลงระยะ 1 กับ 11 ห่างจากรยะพิตช์เต็ม 2 ร่อง

ตัวอย่างที่ 5.2 (ต่อ)

ดังนั้น

$$\alpha = 2\beta = 2 \times 15^\circ$$

$$\alpha = 30^\circ$$

ดังนั้นตัวประกอบพิตช์

$$k_p = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \cos\left(\frac{30^\circ}{2}\right)$$

ดังนั้นตัวประกอบพิตช์

$$k_p = 0.966$$

ตัวประกอบพิตช์มีค่าเท่ากับ

0.966

ตอบ

จำนวนคอยล์/กรุป

$$m = \frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนเฟส} \times \text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}}$$

$$m = \frac{72}{3 \times 6} = 4$$

ดังนั้นตัวประกอบการกระจาย

$$k_d = \frac{\sin\left(\frac{m\beta}{2}\right)}{m \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{4 \times 15^\circ}{2}\right)}{4 \times \sin\left(\frac{15^\circ}{2}\right)}$$

$$k_d = \frac{\sin 30^\circ}{4 \times \sin 7.5^\circ} = \frac{0.5^\circ}{4 \times 0.1305}$$

$$k_d = 0.958$$

ตัวประกอบการกระจายมีค่าเท่ากับ

0.958

ตอบ

ถัดไป >>

ตัวอย่างที่ 5.2 (ต่อ)

$$\text{จำนวนตัวนำทั้งหมด} = Z/\text{ร่อง} \times \text{จำนวนร่อง}$$

$$= 8 \times 72 = 576 \text{ ตัวนำ}$$

$$\text{จำนวนตัวนำต่อเฟส} = \frac{\text{จำนวนตัวนำทั้งหมด}}{\text{จำนวนเฟส}} = \frac{576}{3} = 192$$

$$\text{จำนวนตัวนำต่อเฟส} = 192 \text{ ตัวนำ}$$

$$\text{จำนวนคอยล์/กรุป} \quad T = \frac{\text{จำนวนตัวนำต่อเฟส}}{2} = \frac{192}{2} = 96$$

$$T = 96 \text{ รอบ}$$

ข. แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เฟสและที่สาย

$$\text{จากสมการ} \quad E_{pn} = 4.44 \Phi F T k_p k_d$$

$$\text{แทนค่า} \quad E_{pn} = 4.440 \times 0.02 \times 60 \times 96 \times 0.966 \times 0.958$$

$$E_{pn} = 473.34 \text{ V}$$

$$\text{แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนพที่เฟสมีค่าเท่ากับ} \quad 473.34 \text{ V} \quad \text{ตอบ}$$

$$\text{และแรงดันไฟฟ้าที่สาย} \quad E_L = \sqrt{3} E_{pn} = 1.732 \times 473.34$$

$$\text{แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนพที่สายมีค่าเท่ากับ} \quad 819.82 \text{ V} \quad \text{ตอบ}$$

