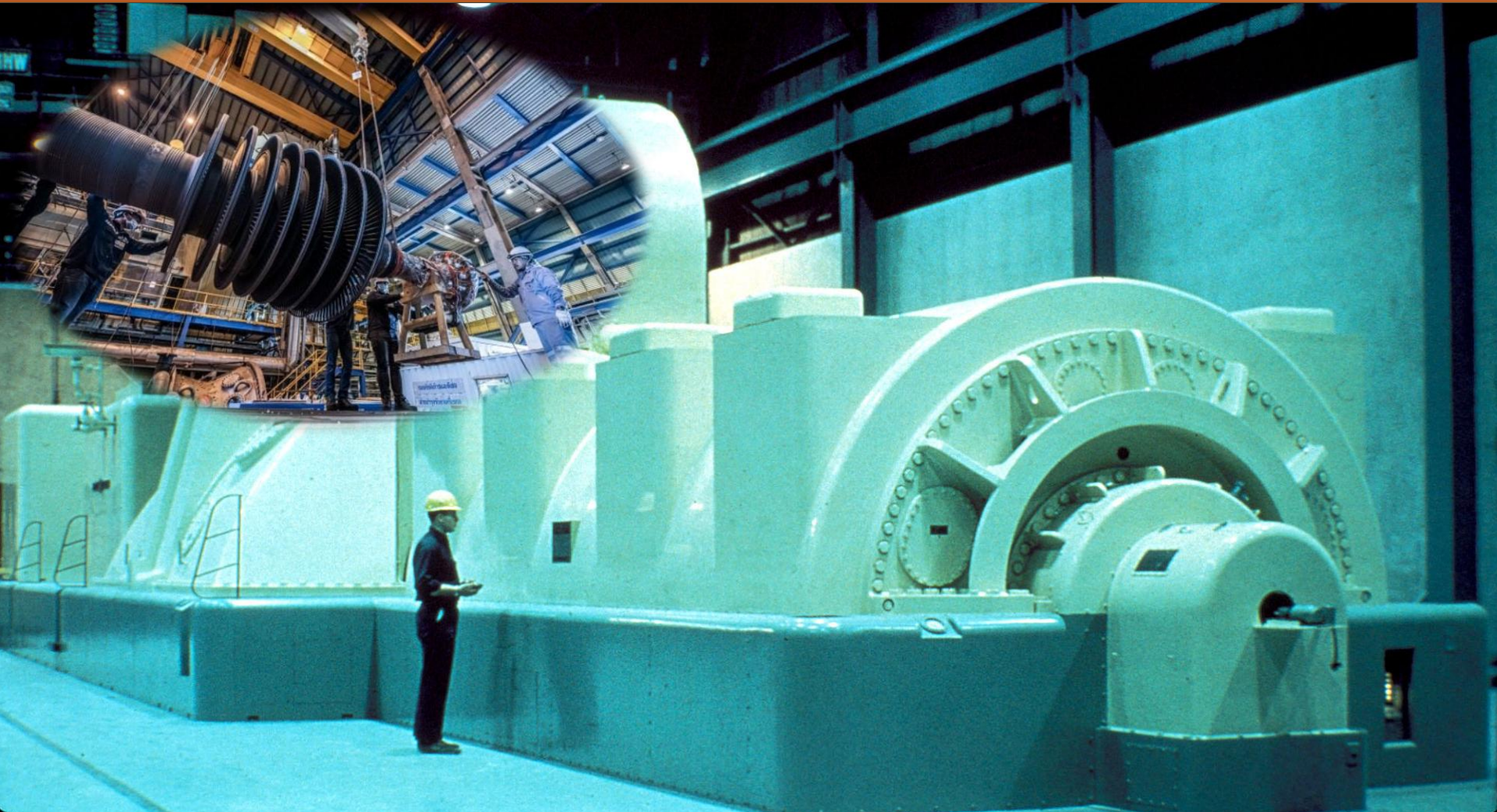
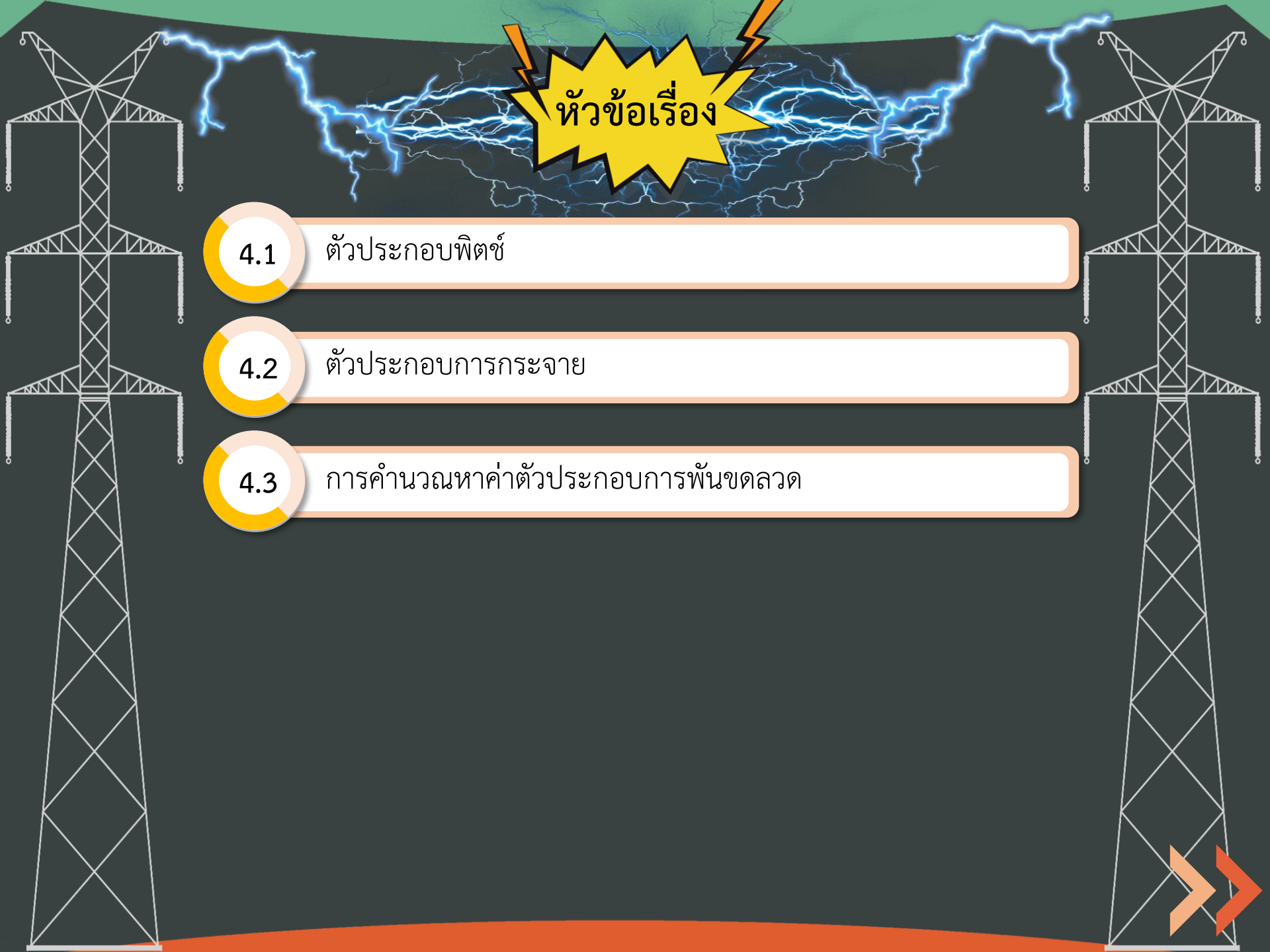


หน่วยที่ 4

ตัวประกอบการผลิต





หัวข้อเรื่อง

4.1

ตัวประกอบพิตช์

4.2

ตัวประกอบการกระจาย

4.3

การคำนวณหาค่าตัวประกอบการผันขดลวด



4.1

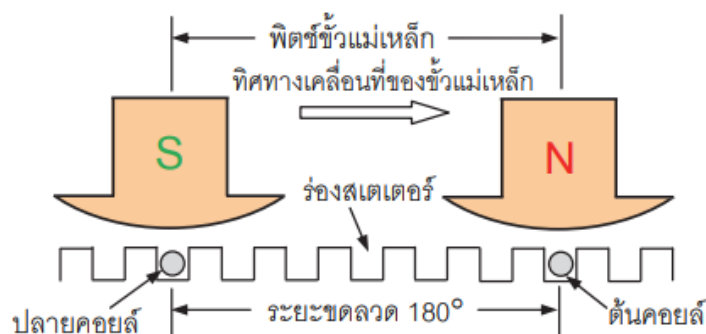
ตัวประกอบพิตช์

ตัวประกอบพิตช์ (Pitch factor) หมายถึง ตัวประกอบที่เกิดจากการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ในร่องสเตเตอร์เพื่อเป็นตัวประกอบที่ใช้คูณเข้าไปในสมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะกำหนดให้เป็นค่า K_P นิยามของ K_P กำหนดว่า

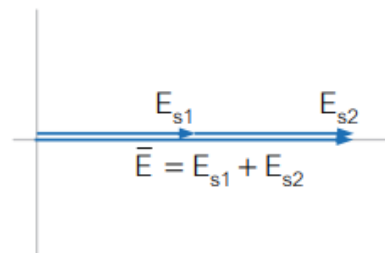
$$K_P = \frac{\text{ผลรวมทางเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด (\bar{E})}}{\text{ผลรวมทางเลขคณิตของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด (E)}}$$

ซึ่งในการหาค่า K_P นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการลงขดลวด

4.1.1 ลงขดลวดแบบพิตช์เต็ม



(ก) ลงขดลวดแบบพิตช์เต็ม

(ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E_{s1} และ E_{s2}

รูปที่ 4.1 การลงขดลวดแบบพิตช์เต็มและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

จากรูปที่ 4.1 (ก) ขดลวดที่วางอยู่ในร่องสเตเตอร์โดยต้นคอยล์และปลายคอยล์วางห่างกัน 180° ทางไฟฟ้าซึ่งเท่ากับระยะพิทช์ขั้วแม่เหล็ก เมื่อขั้ว N และขั้ว S เคลื่อนที่และไปตัดกับตัวนำที่ต้นคอยล์และปลายคอยล์ที่ต่ออนุกรมกัน จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้นคอยล์ (E_{s1}) และปลายคอยล์ (E_{s2}) เกิดขึ้นพร้อมกันและมีขนาดเท่ากัน ซึ่งแทนด้วยเฟสเซอร์ไดอะแกรมดังรูปที่ 4.1 (ข) และผลรวมของ E_{s1} กับ E_{s2} ทางเฟสเซอร์จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ขดลวด (E)

กำหนดให้ $E_{s1} = E_{s2} = E_s$ จากรูปที่ 4.1 (ข) หาค่าต่าง ๆ ได้ดังนี้
ผลรวมทางเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด

$$\bar{E} = E_{s1} + E_{s2}$$

$$\bar{E} = 2E_s$$

ผลรวมทางเลขคณิตของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด

$$\bar{E} = E_{s1} + E_{s2}$$

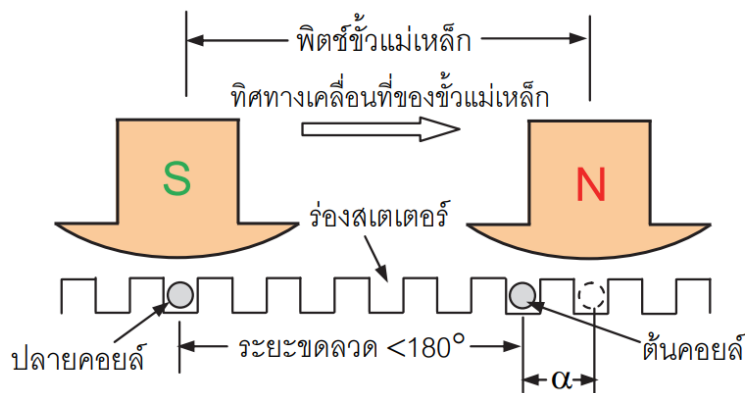
$$\bar{E} = 2E_s$$

$$K_P = \frac{\bar{E}}{E} = \frac{2E_s}{2E_s} = 1$$

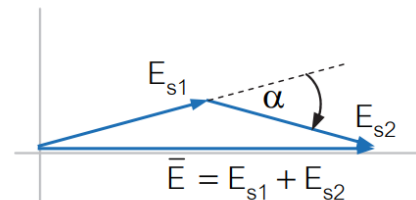
ดังนั้นการลงขดลวดแบบพิทช์เต็มค่าของ $K_P = 1$



4.1.1 ลงขดลวดแบบพิตช์เต็ม



(ก) ลงขดลวดแบบพิตช์เศษส่วน

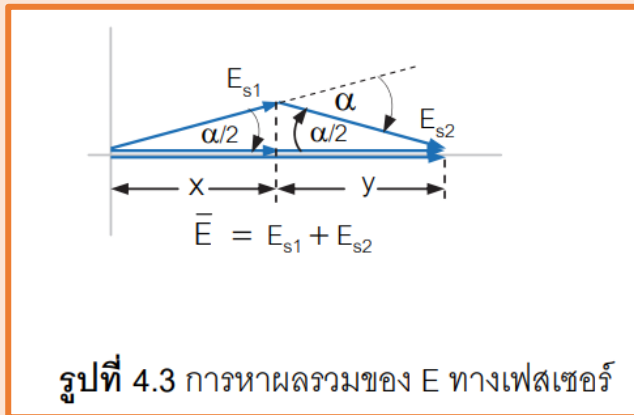


(ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E_{s1} และ E_{s2}

รูปที่ 4.2 การลงขดลวดแบบพิตช์เศษส่วนและเฟสเซอร์ไดอะแกรม

จากรูปที่ 4.2 (ก) ขดลวดที่วางอยู่ในร่องสเตเตอร์โดยต้นคอยล์และปลายคอยล์วางห่างกันน้อยกว่า 180° ทางไฟฟ้า และน้อยกว่าพิตช์ขั้วแม่เหล็ก เมื่อขั้ว N และขั้ว S เคลื่อนที่และไปตัดกับตัวนำที่ต้นคอยล์และปลายคอยล์ที่ต่อเนื่องกัน จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้นคอยล์ (E_{s1}) และปลายคอยล์ (E_{s2}) เกิดขึ้นไม่พร้อมกัน โดย E_{s1} เกิดขึ้นก่อน E_{s2} เป็นมุม α (อ่านว่าแอลฟา) แต่แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจากคอยล์ทั้งสองมีขนาดเท่ากัน ซึ่งแทนด้วยเฟสเซอร์ไดอะแกรมดังรูปที่ 4.2 (ข) และผลรวมของ E_{s1} กับ E_{s2} ทางเฟสเซอร์จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ต้นและปลายขดลวด ($\bar{E}$)

กำหนดให้ $E_{s1} = E_{s2} = E_s$ จากรูปที่ 4.2 (ข) หาค่าต่างๆได้ดังนี้
ผลรวมทางเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด โดยพิจารณาจากรูปที่ 4.3



$$\bar{E} = x + y$$

แต่

$$x = E_{s1} \cos \frac{\alpha}{2}$$

และ

$$y = E_{s2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

แทนที่ x และ y

$$\bar{E} = E_{s1} \cos \frac{\alpha}{2} + E_{s2} \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$\bar{E} = E_{s2} \cos \frac{\alpha}{2}$$



ผลรวมทางเลขคณิตของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด

$$\bar{E} = E_{s1} + E_{s2}$$

$$\bar{E} = 2E_s$$

$$K_P = \frac{\bar{E}}{E} = \frac{2E \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)}{2E_s} = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

$$K_P = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) \quad \text{.....(4.1)}$$

ดังนั้นการลงขดลวดแบบพิตช์เต็มค่าของ $K_P = 1$

เมื่อ $\alpha =$ มุมที่ห่างระหว่างพิตช์เศษส่วนที่น้อยกว่าพิตช์เต็ม หน่วยเป็น องศาทางไฟฟ้า

โดย

$\alpha = \beta$ เมื่อลงขดลวดน้อยกว่าแบบพิตช์เต็ม 1 ร่อง

$\alpha = 2\beta$ เมื่อลงขดลวดน้อยกว่าแบบพิตช์เต็ม 2 ร่อง

$\alpha = 3\beta$ เมื่อลงขดลวดน้อยกว่าแบบพิตช์เต็ม 3 ร่อง

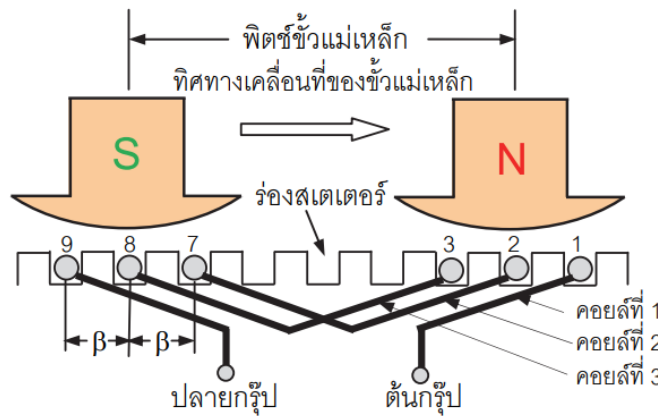
$\alpha = 4\beta$ เมื่อลงขดลวดน้อยกว่าแบบพิตช์เต็ม 4 ร่อง



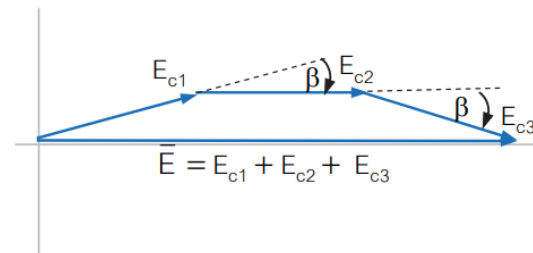
ตัวประกอบการกระจาย (Distributed factor) หมายถึง ตัวประกอบที่เกิดจากการพันขดลวดอาร์เมเจอร์ใน 1 กรู๊ปที่ได้กระจายลงในร่องสเตเตอร์เพื่อเป็นตัวประกอบที่ใช้คูณเข้าไปในสมการแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะกำหนดให้เป็นค่า K_d นิยามของ K_d กำหนดว่า

$$K_d = \frac{\text{ผลรวมทางเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด 1 กรู๊ป (\bar{E})}{\text{ผลรวมทางเลขคณิตของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด 1 กรู๊ป (E)}}$$

ซึ่งในการหาค่า K_d นี้จะขึ้นอยู่กับลักษณะการลงขดลวด ดังนี้



(ก) ลงขดลวดแบบกระจาย 1 กรู๊ป 3 คอยล์



(ข) เฟสเซอร์ไดอะแกรมของ E_{c1} , E_{c2} และ E_{c3}

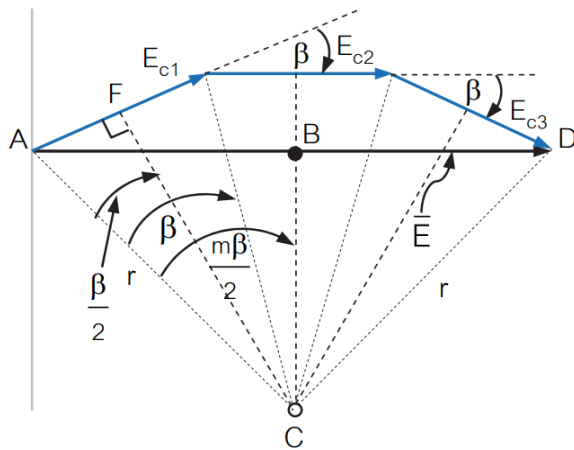
รูปที่ 4.4 การลงขดลวด 1 กรู๊ป 3 คอยล์กระจายลงในแต่ละร่องและเฟสเซอร์ไดอะแกรม



จากรูปที่ 4.4 (ก) ขดลวด 1 กรุ๊ปจะมี 3 คอยล์ ($m = 3$) โดยแต่ละคอยล์ต่ออนุกรมกันและกระจายลงในแต่ละร่อง และมีระยะพิตช์เท่ากับ 1 พิตช์ขั้วแม่เหล็ก เมื่อขั้ว N และขั้ว S เคลื่อนที่และไปตัดกับตัวนำ จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำคอยล์ที่ 1 (E_{C1}) และคอยล์ที่ 2 (E_{C2}) และคอยล์ที่ 3 (E_{C3}) และเกิดขึ้นไม่พร้อมกัน โดย E_{C1} เกิดขึ้นก่อน E_{C2} และ E_{C2} เกิดขึ้นก่อน E_{C3} เป็นมุม β แต่แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งสามคอยล์มีขนาดเท่ากัน ซึ่งแทนด้วยเฟสเซอร์ไดอะแกรม ดังรูปที่ 4.4 (ข) และผลรวมของ E_{C1} , E_{C2} และ E_{C3} ทางเฟสเซอร์จะเท่ากับแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่กรุ๊ปขดลวด (E)

กำหนดให้ $E_{C1} = E_{C2} = E_{C3} = E_C$ จากรูปที่ 4.5 หาค่าต่างๆโดยแบ่งครึ่งขนาดแรงดัน E_{C1} , E_{C2} และ E_{C3} ที่จุดแบ่งครึ่งของแรงดันทั้ง 3 นี้ลากเส้นตรงลงมาในแนวตั้งฉากของแต่ละแรงดันมาบรรจบกันที่จุด C โดยระยะ CA เท่ากับระยะ CD ให้เท่ากับระยะ r ส่วน β เป็นมุมระหว่างร่องต่อร่อง ดังนั้นผลรวมทางเฟสเซอร์ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่กรุ๊ปของขดลวดหาค่าได้ดังนี้





รูปที่ 4.5 การหาผลรวมของ E ทางเฟสเซอร์

$$\bar{E} = AB + BD$$

$$AB = r \sin \left(\frac{m\beta}{2} \right)$$

$$BD = r \sin \left(\frac{m\beta}{2} \right)$$

$$\bar{E} = r \sin \left(\frac{m\beta}{2} \right) + r \sin \left(\frac{m\beta}{2} \right)$$

$$\bar{E} = 2r \sin \left(\frac{m\beta}{2} \right)$$



เมื่อ m = จำนวนคอยล์ต่อกรุป ซึ่ง m ของขดลวดเท่ากับ 3

ดังนั้น ผลรวมทางเลขคณิตของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อขดลวด

$$E = E_{c1} + E_{c2} + E_{c3} = mE_c$$

$$E_{c1} = E_{c1} = 2AF \quad \text{แต่ } AF = r \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

$$E = mE_c = m2AF$$

$$= m 2r \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

$$K_d = \frac{\bar{E}}{E} = \frac{2r \sin\left(\frac{m\beta}{2}\right)}{m 2r \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)}$$

$$K_d = \frac{\sin\left(\frac{m\beta}{2}\right)}{m \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} \quad \text{.....(4.2)}$$

เมื่อ

K_d = ตัวประกอบการกระจาย

m = จำนวนคอยล์ต่อกรุป

β = มุมระหว่างร่องต่อร่อง



4.3 การคำนวณค่าตัวประกอบการพันขดลวด

ตัวอย่างที่ 4.1 จงคำนวณค่าตัวประกอบพิตช์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ดังนี้

ก. 36 ร่องจำนวนขั้วแม่เหล็ก 4 ขั้ว ระยะพิตช์ขดลวดลง 1 กับ 8

วิธีทำ

ก. 36 ร่องจำนวนขั้วแม่เหล็ก 4 ขั้ว ระยะพิตช์ขดลวดลง 1 กับ 8

มุมระหว่างร่องต่อร่อง

$$\beta = \frac{180^\circ}{\left(\frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}} \right)} = \frac{180^\circ}{\left(\frac{36}{4} \right)}$$

$$\beta = 20^\circ$$

ระยะพิตช์เต็ม

$$= \frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}} = \frac{36}{4}$$

$$= 9 \text{ (ลงขดลวด 1 กับ 10)}$$

แต่ขดลวดอาร์เมเจอร์ลงขดลวดแบบพิตช์เศษส่วนโดยลงระยะ 1 กับ 8

ห่างกับระยะพิตช์เต็ม 2 ร่อง

ดังนั้น

$$\alpha = 2\beta = 2 \times 20^\circ$$

$$\alpha = 40^\circ$$

ดังนั้นตัวประกอบพิตช์

$$K_p = \cos\left(\frac{\alpha}{2}\right) = \cos\left(\frac{40^\circ}{2}\right)$$

$$K_p = 0.939$$

ตัวประกอบพิตช์มีค่าเท่ากับ

0.939

ตอบ



ตัวอย่างที่ 4.2 จงคำนวณหาค่าตัวประกอบกระจายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 1 เฟส ดังนี้

ก. 24 ร่องจำนวนขั้วแม่เหล็ก 6 ขั้ว

วิธีทำ

ก. 24 ร่องจำนวนขั้วแม่เหล็ก 6 ขั้ว

มุมระหว่างร่องต่อร่อง

$$\beta = \frac{180^\circ}{\left(\frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}}\right)} = \frac{180^\circ}{\left(\frac{24}{6}\right)}$$

$$\beta = 45^\circ$$

จำนวนคอยล์กรุป

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

$$m = \frac{24}{1 \times 6} = 4$$

ตัวประกอบกระจาย

$$K_d = \frac{\sin\left(\frac{m\beta}{2}\right)}{m \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)} = \frac{\sin\left(\frac{4 \times 45^\circ}{2}\right)}{4 \times \sin\left(\frac{45^\circ}{2}\right)}$$

$$K_d = \frac{\sin 90^\circ}{4 \times \sin 22.5^\circ}$$

$$K_d = \frac{1}{4 \times 0.382}$$

$$K_d = 0.654$$

ตัวประกอบกระจายมีค่าเท่ากับ

0.654

ตอบ



ตัวอย่างที่ 4.3 จงคำนวณหาค่าตัวประกอบการกระจายของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส ดังนี้

ก. 288 ร่องจำนวนขั้วแม่เหล็ก 24 ขั้ว

วิธีทำ

ก. 288 ร่องจำนวนขั้วแม่เหล็ก 24 ขั้ว

มุมระหว่างร่องต่อร่อง

$$\beta = \frac{180^\circ}{\left(\frac{\text{จำนวนร่อง}}{\text{จำนวนขั้วแม่เหล็ก}} \right)} = \frac{180^\circ}{\left(\frac{288}{24} \right)}$$

$$\beta = 45^\circ$$

จำนวนคอยล์กรุป

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

$$m = \frac{288}{3 \times 24} = 4$$

ตัวประกอบการกระจาย

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

$$K_d = \frac{\sin 30^\circ}{4 \times \sin 7.5^\circ}$$

$$K_d = \frac{0.5}{4 \times 0.1305}$$

$$K_d = 0.958$$

ตัวประกอบการกระจายมีค่าเท่ากับ

0.958

ตอบ

