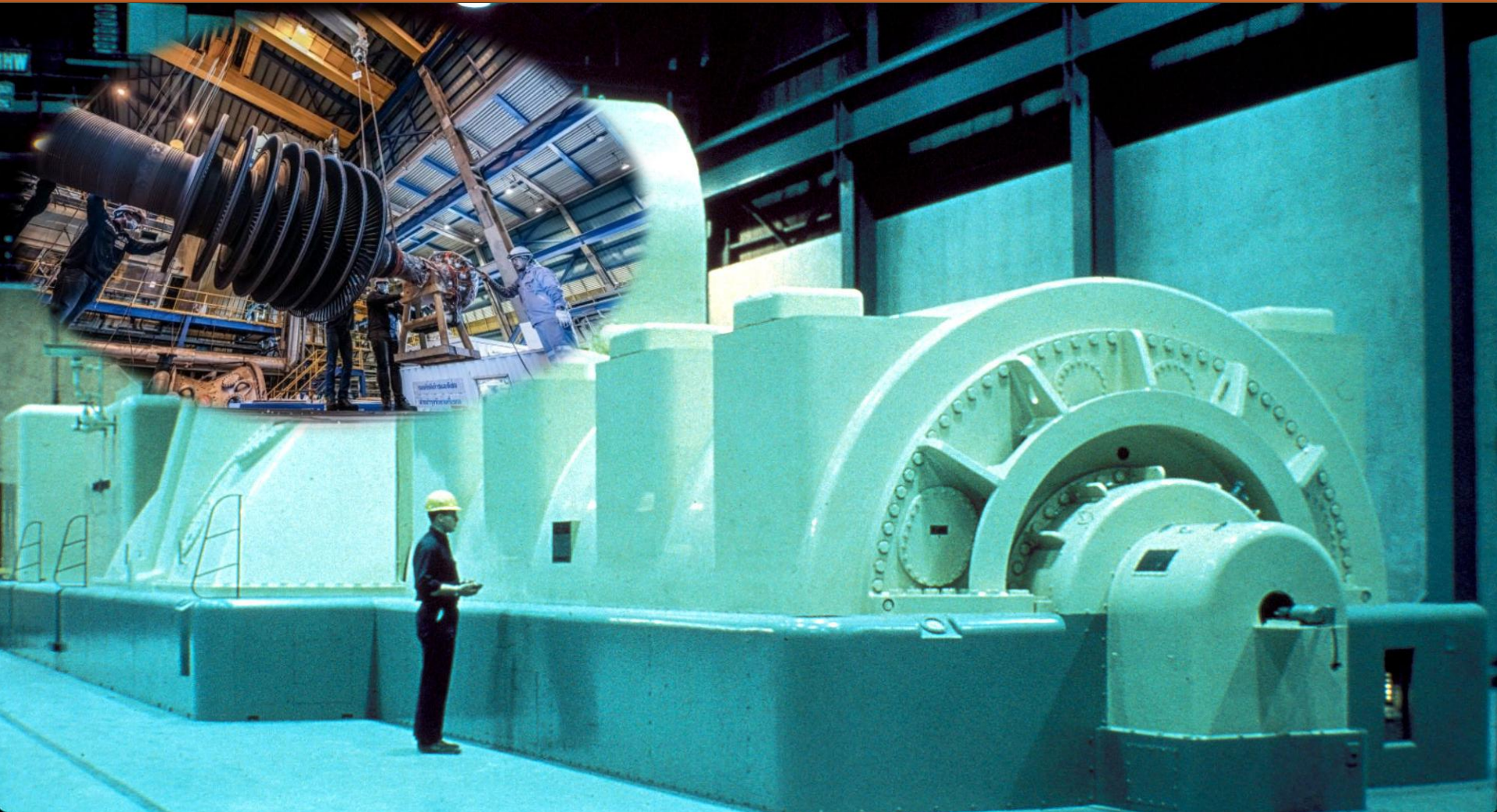
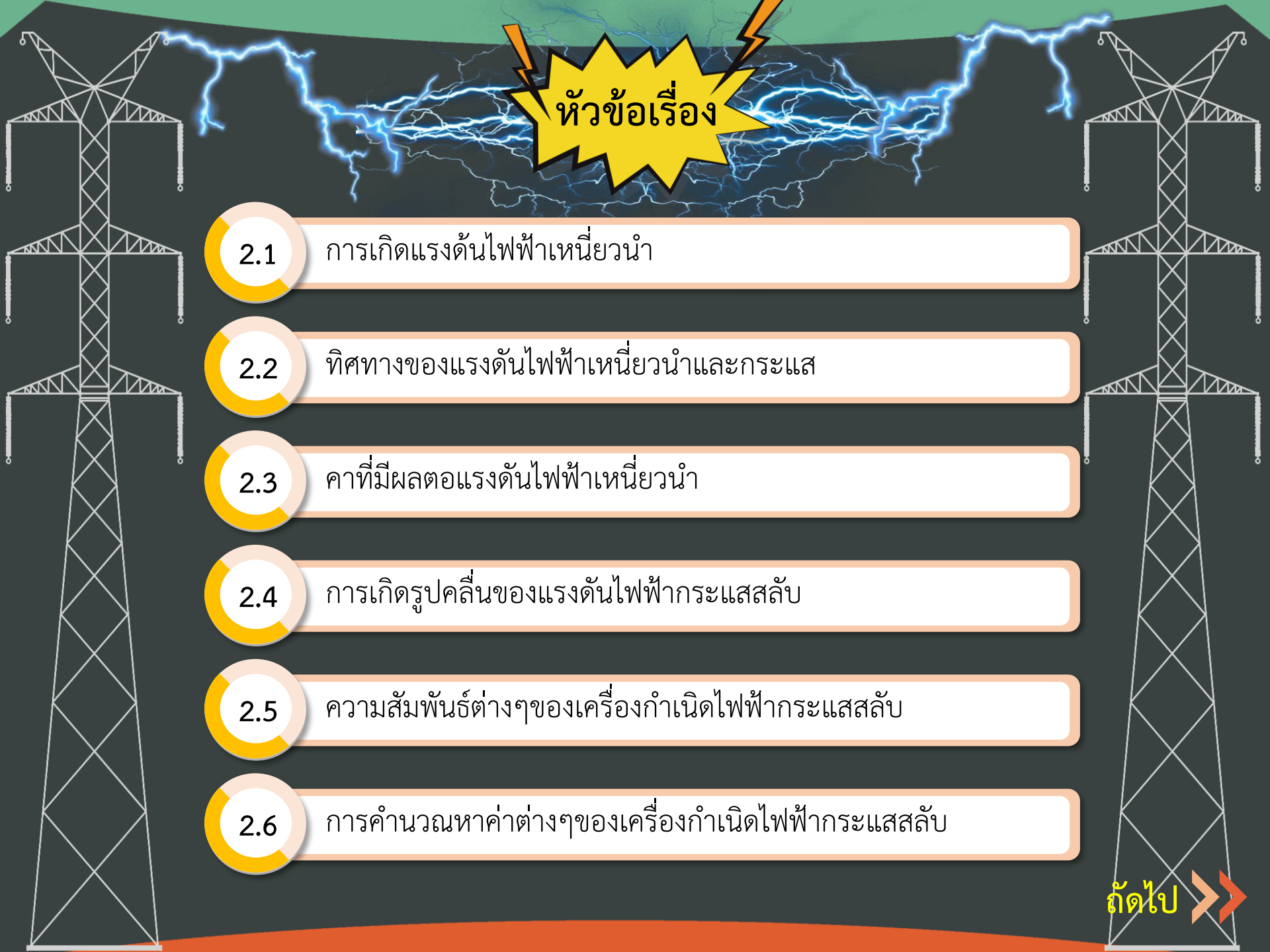


หน่วยที่ 2

หลักการทำงานและเกิดรูปคลื่นไซน์





หัวข้อเรื่อง

2.1

การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.2

ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแส

2.3

ค่าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.4

การเกิดรูปคลื่นของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ

2.5

ความสัมพันธ์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

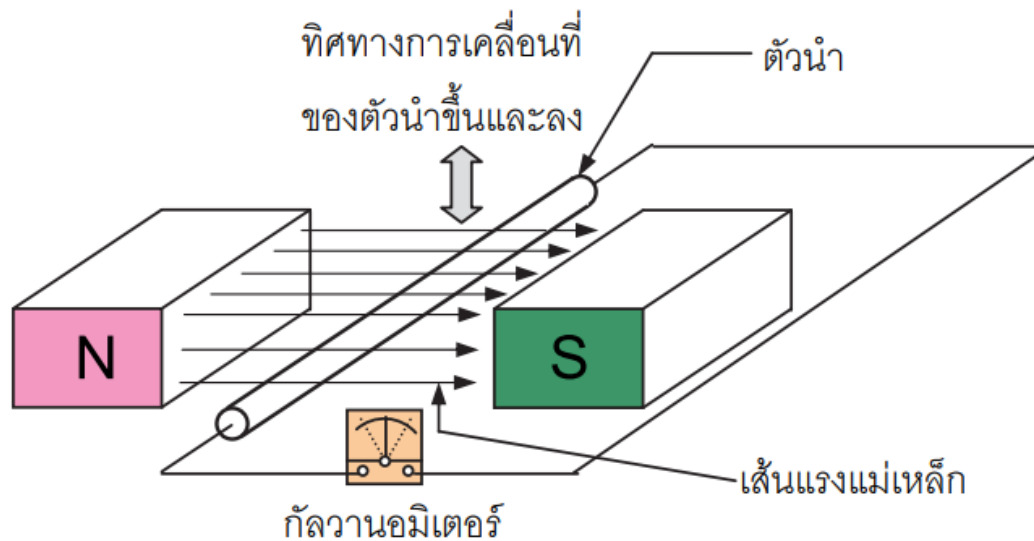
2.6

การคำนวณหาค่าต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

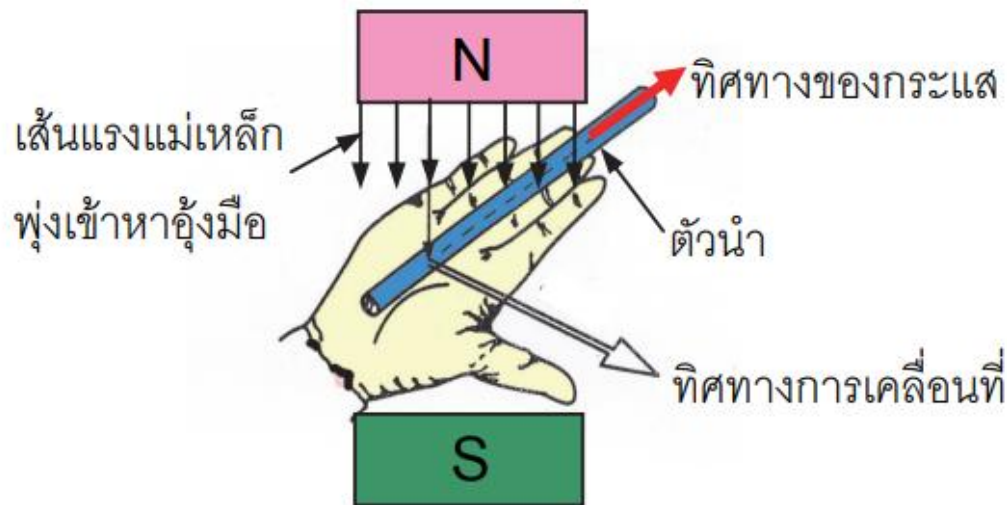
2.1

การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

จากกฎของฟาราเดย์เมื่อเคลื่อนที่ตัวนำตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กหรือมีการเปลี่ยนแปลงเส้นแรงแม่เหล็กที่ตัวนำวางอยู่ ย่อมทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นบนตัวนำนั้น โดยทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะขึ้นอยู่กับทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำกับการวางขั้วแม่เหล็กที่แตกต่างกัน จากรูปที่ 2.1 ตัวนำจะวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือ (N) กับขั้วแม่เหล็กใต้ (S) เมื่อเคลื่อนที่ตัวนำขึ้นจะตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.1 การเกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

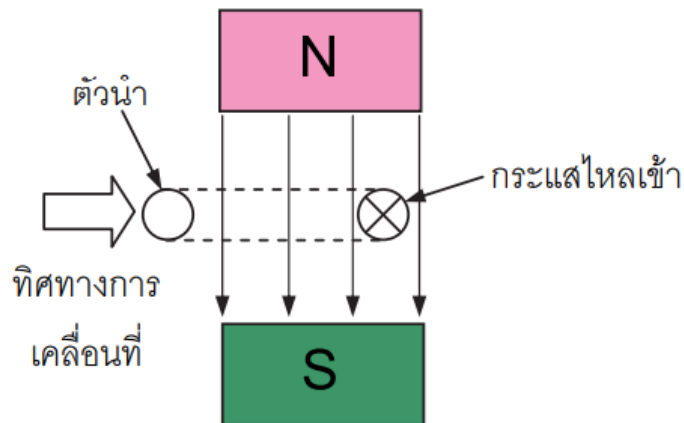


รูปที่ 2.2 การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำโดยใช้กฎมือขวา

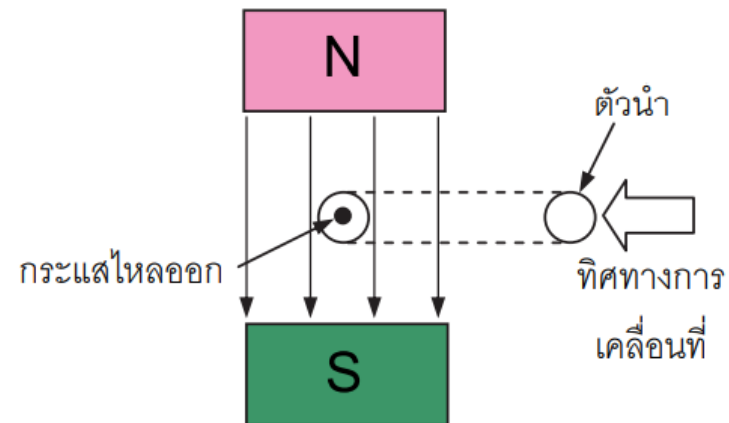
การหาทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ จะใช้กฎมือขวา จากรูปที่ 2.2 โดยกางมือขวาออกและให้นิ้วหัวแม่มือตั้งฉากกับนิ้วทั้งสี่ ถ้ากำหนดให้เส้นแรงแม่เหล็กที่พุ่งออกจากขั้วเหนือ (N) พุ่งเข้าหาอุ้งมือและนิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางเคลื่อนที่ของตัวนำ ดังนั้นนิ้วทั้งสี่จะชี้ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ถ้านิ้วทั้งสี่ชี้เข้าจะแทนด้วยกระแสไหลเข้าและถ้านิ้วทั้งสี่ชี้ออก จะแทนด้วยกระแสไหลออก



ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ จากรูปที่ 2.3 (ก) ถ้าเคลื่อนตัวนำไปทางขวามือตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก เมื่อใช้กฎมือขวาจะเห็นว่ากระแสจะไหลเข้าตัวนำ และจากรูปที่ 2.3 (ข) ถ้าเคลื่อนตัวนำไปทางซ้ายมือตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็กในแนวตั้งฉาก เมื่อใช้กฎมือขวาจะเห็นว่ากระแสจะไหลออกจากตัวนำ



(ก) เมื่อเคลื่อนที่จากซ้ายไปขวา



(ข) เมื่อเคลื่อนที่จากขวามาซ้าย

รูปที่ 2.3 ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและกระแส

2.3 ค่าที่มีผลต่อแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

2.3.1 ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (B)

ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก หากมีการเพิ่มความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กให้มากขึ้นผลจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่ามากขึ้นตาม นั่นคือ

$$(e \propto B) \quad (e \text{ แปรตาม } B)$$



2.3.2 ความยาวของตัวนำ (l)

ความยาวของตัวนำ หากมีการเพิ่มความยาวของตัวนำ (เฉพาะส่วนที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กให้ยาวมากขึ้น) ผลทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่ามากขึ้นตาม นั่นคือ



$$(e \propto l) \quad (e \text{ แปรตาม } l)$$

2.3.3 ความเร็วในการเคลื่อนที่ (v)



ความเร็วในการเคลื่อนที่ หากมีการเพิ่มความเร็วในการเคลื่อนที่ของตัวนำให้เร็วมากขึ้น ผลจะทำให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่ามากขึ้นเช่นเดียวกัน นั่นคือ

$$(e \propto v) \quad (e \text{ แปรตาม } v)$$

จากผลทั้ง 3 ขอบที่กล่าวมาจึงสรุปได้ว่า

$$e = B l v \quad \dots (2.1)$$

เมื่อ

e = แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V)

B = ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็ก (Wb/m², Tesla)

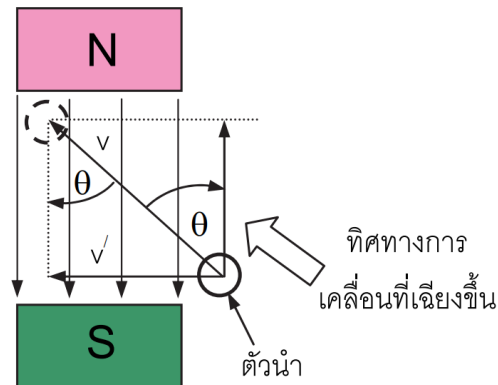
l = ความยาวของตัวนำที่ตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก (m)

v = ความเร็วในการเคลื่อนที่ (m/s)



2.3.4 ตัวนำเคลื่อนที่ในแนวเฉียง

ตัวนำเคลื่อนที่ในแนวเฉียง ที่กล่าวมาเมื่อตัวนำตัดในแนวตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กจะได้ขนาดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นขนาดหนึ่ง จากรูปที่ 2.4 ถ้าตัวนำตัดในแนวเฉียงขึ้นเป็นมุม θ ผลทำให้ขนาดของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีขนาดลดลงจากเดิมเมื่อเทียบกับตัดในแนวตั้งฉาก



รูปที่ 2.4 ตัวนำเคลื่อนที่ในแนวเฉียง

จากรูปที่ 2.4 จะต้องจำแนกความเร็ว v ในแนวตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กโดยกำหนดให้เป็น v' จะได้ว่า

$$v' = v \sin \theta \quad \dots (2.2)$$

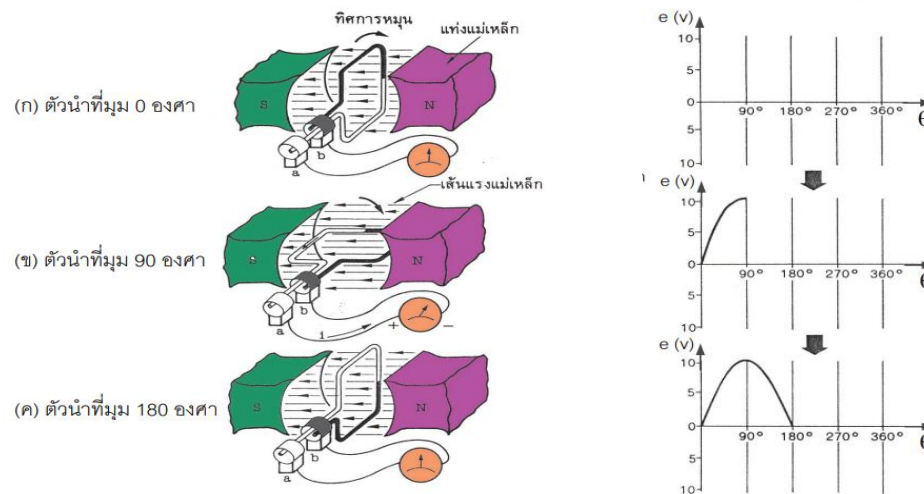
และแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้น เมื่อตัวนำตัดในแนวเฉียง

$$e = Blv' \quad \dots (2.3)$$

แทนค่าสมการ (2.2) ลงใน (2.3) จะได้ว่า

$$e = Blv \sin \theta \quad \dots (2.4)$$

เมื่อ θ คือ มุมของตัวนำที่เคลื่อนที่ในแนวเฉียงตัดกับเส้นแรงแม่เหล็ก (องศา)

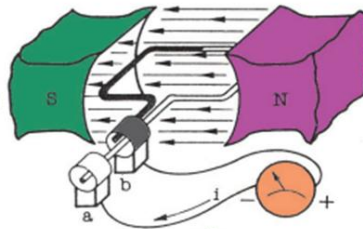


รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำเมื่อหมุนครบ 1 รอบ
(วิชาญ กองดาวงษ์, 2537 : 350)

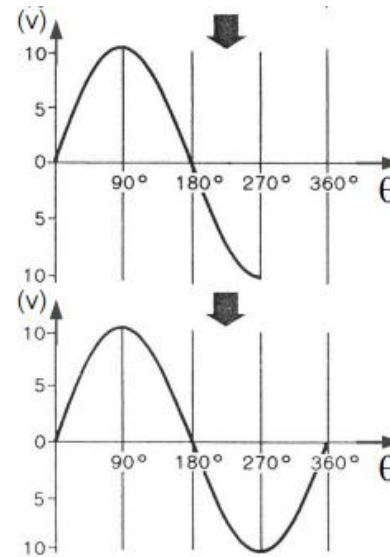
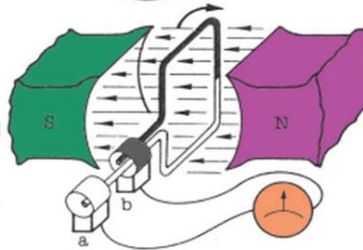
จากรูปที่ 2.5 (ก) หากกำหนดให้ตัวนำมีการพันเพียง 1 รอบ โดยปลายตัวนำของขดลวดจะถูกต่อกับวงแหวนสลิปริง (Slip ring) ซึ่งแยกกันโดยอิสระและมีแปรงถ่าน a และ b สัมผัสอยู่ที่วงแหวน เพื่อจะได้นำแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นไปใช้งาน ดังนั้นถ้ามีตัวขับเคลื่อน (Prime mover) มาขับเคลื่อนขดลวดตัวนำให้เคลื่อนที่ผ่านเส้นแรงแม่เหล็กในทิศทางใดทิศทางหนึ่งก็ได้ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้นที่ปลายทั้งสองของขดลวดซึ่งพิจารณาได้จากการทำงานในตำแหน่งต่างๆ ดังนี้



(ง) ตัวนำที่มุม 270 องศา



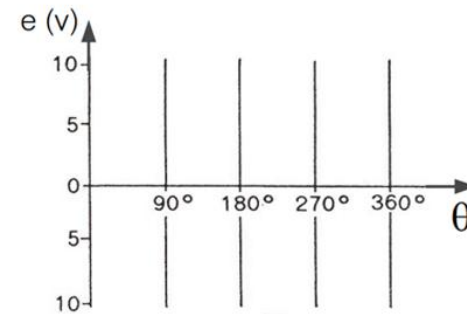
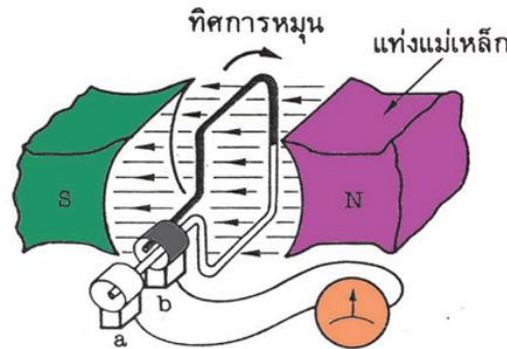
(จ) ตัวนำที่มุม 360 องศา



รูปที่ 2.5 การเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำเมื่อหมุนครบ 1 รอบ (ต่อ)

(วิชาญ กองดาวงษ์, 2537 : 350)

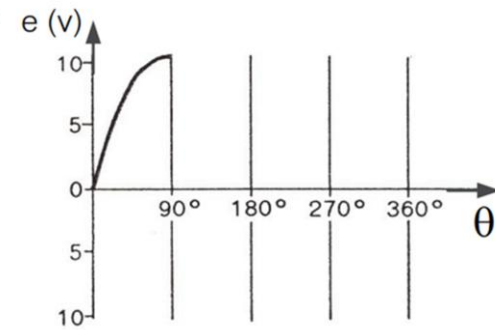
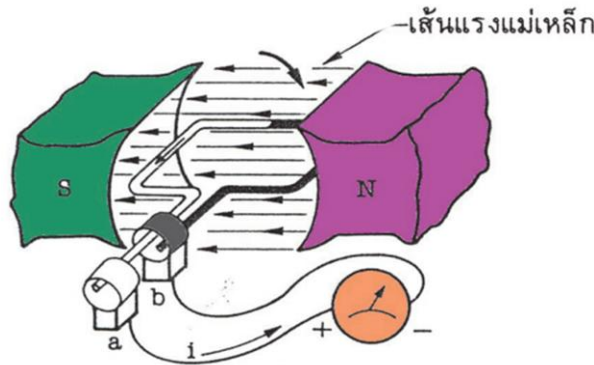
(ก) ตัวนำที่มุม 0 องศา



จากรูปที่ 2.5 (ก) จะเห็นว่าที่ตำแหน่งนี้ขดลวดตัวนำแถบสีดำซึ่งอยู่ด้านบนและตัวนำแถบสีขาวซึ่งอยู่ด้านล่างจะเคลื่อนที่ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก ($\theta=0^\circ$) ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีขนาดเท่ากับศูนย์เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ต่อไปอีกในทิศทางตามเข็มนาฬิกา จะเห็นว่าตัวนำตัดในแนวตั้งฉากมากขึ้นก็จะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำค่อย ๆ เพิ่มขึ้นและเมื่อเคลื่อนที่ถึงตำแหน่งกึ่งกลางขั้วโดยตัวนำแถบสีดำอยู่กึ่งกลางขั้ว N และตัวนำแถบสีขาวอยู่กึ่งกลางขั้ว S ซึ่งขดลวดตัวนำจะตัดตั้งฉากมากที่สุด ($\theta=90^\circ$) แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำก็จะสูงสุดด้วย ดังรูปที่ 2.5 (ข)

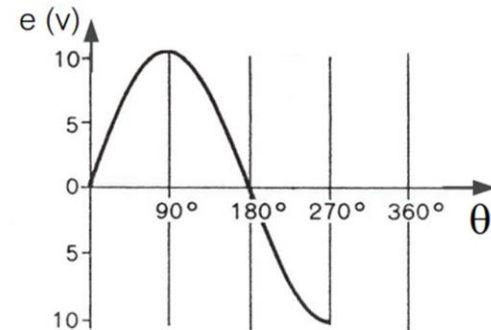
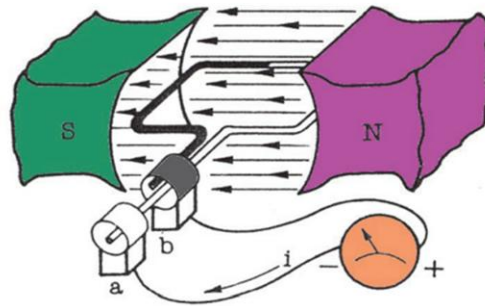


(ข) ตัวนำที่มุม 90 องศา

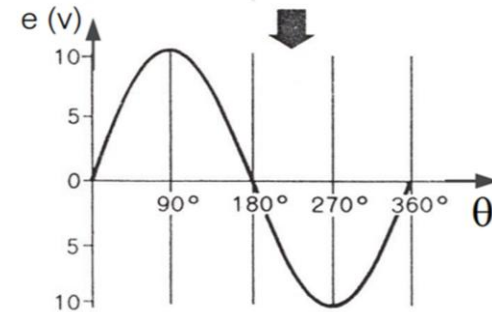
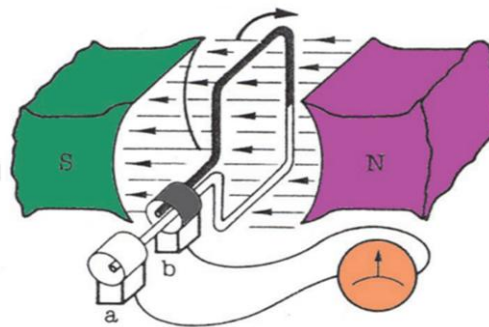


⚡ เมื่อตัวนำเคลื่อนที่ต่อไปอีกในทิศทางเดิมจะเห็นว่าขดลวดตัวนำจะตัดตัดจากน้อยลง ส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำค่อย ๆ ลดลงจนกระทั่งขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ขนานกับเส้นแรงแม่เหล็กอีกครั้งหนึ่งดังรูปที่ 2.5 (ค) ($\theta=180^\circ$) ซึ่งตัวนำสีแถบสีดำอยู่ด้านล่างตัวนำแถบสีขาวอยู่ด้านบน ก็จะส่งผลให้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเท่ากับศูนย์ซึ่งช่วงมุม θ มากกว่า 0 องศาและน้อยกว่า 180 องศา ทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเป็นกระแสไหลออกจะมีศักย์เป็นบวก หรือเรียกว่า **ช่วงการเปลี่ยนแปลงครึ่งไซเคิลบวก** ⚡

(ง) ตัวนำที่มุม 270 องศา



(จ) ตัวนำที่มุม 360 องศา



และจากรูปที่ 2.5 (ค) เมื่อขดลวดตัวนำเคลื่อนที่ต่อไปอีกช่วงมุม θ มากกว่า 180 องศาและน้อยกว่า 360 องศา ก็จะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลักษณะเดียวกันเพียงแต่มีทิศทางของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเป็นกระแสไหลเข้าจะมีศักย์เป็นลบหรือเรียกว่า **ช่วงการเปลี่ยนแปลงครึ่งไซเคิลกลับ** ดังรูปที่ 2.5 (ง) และรูปที่ 2.5 (จ) ตามลำดับ

ก็จะทำให้รูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับมีการเปลี่ยนแปลงครบ 1 รอบ หรือ 360 องศาพอต่อการเปลี่ยนแปลงครบ 1 รอบ พอดีนี้จะทำให้ได้ค่าสูงสุด 2 ค่า คือ ค่าสูงสุดทางบวกที่มุม ($\theta=90^\circ$) และค่าสูงสุดทางลบที่มุม ($\theta=270^\circ$) จากการเปลี่ยนแปลงครบหนึ่งรอบพอดีจะทำให้ได้รูปคลื่นออกมาตามรูปที่ 2.5 (จ) เรียกว่า ไฟฟ้ากระแสสลับรูปคลื่นไซน์



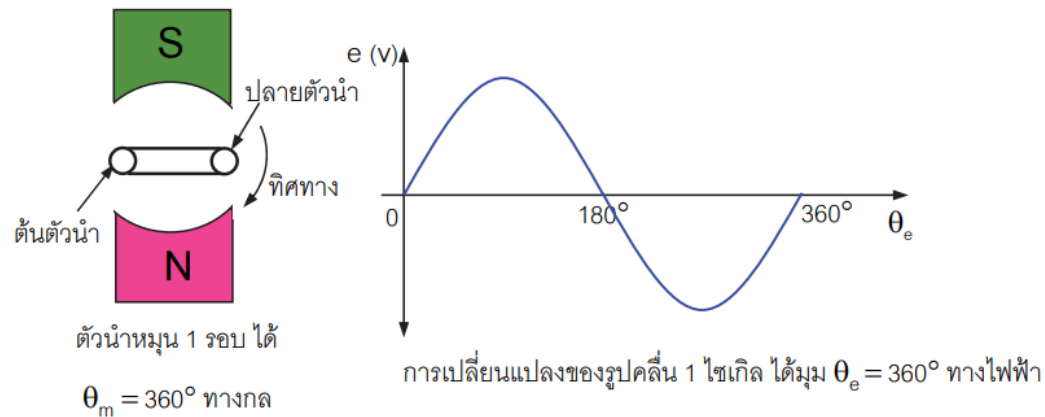
2.5 ความสัมพันธ์ต่างๆของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาทางไฟฟ้ากับองศาทางกล

 จากรูปที่ 2.6 เมื่อพิจารณาภาพตัดด้านหน้าของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับอย่างง่ายจะมีตัวนำต้นและปลายวางอยู่ที่ขั้วแม่เหล็กจำนวน 1 คู่ (2 ขั้วแม่เหล็ก) เมื่อตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก 2 ขั้ว จำนวน 1 รอบ ซึ่งการหมุน 1 รอบ จะได้มุม 360 องศาทางกล กำหนดให้เป็น θ_m และทำให้เกิดรูปคลื่นไซน์จำนวน 1 ไซเคิล จะได้มุม 360 องศาทางไฟฟ้า กำหนดให้เป็น θ_e ดังนั้นจะได้ θ_m เท่ากับ θ_e

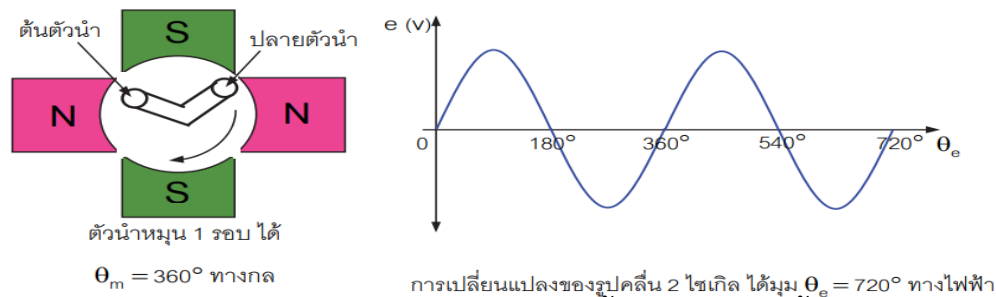
เมื่อ θ_m คือ มุมองศาทางกลซึ่งมีค่าเท่ากับ 360 องศา
 θ_e คือ มุมองศาทางไฟฟ้า





รูปที่ 2.6 ตัวนำหมุน 1 รอบที่ขั้วแม่เหล็ก 1 คู่ขั้ว

จากรูปที่ 2.7 ถ้าเพิ่มขั้วแม่เหล็กอีก 2 ขั้ว เป็น 4 ขั้ว และมีตัวนำต้นและปลายวางอยู่ที่ขั้วแม่เหล็กจำนวน 2 คู่ (4 ขั้วแม่เหล็ก) เมื่อตัวนำหมุนตัดผ่านเส้นแรงแม่เหล็ก 4 ขั้ว จำนวน 1 รอบ ซึ่งการหมุน 1 รอบจะได้มุมองศาทางกล 360 องศา แต่จะทำให้เกิดรูปคลื่นไซน์จำนวน 2 ไซเคิล เป็นมุม 720 องศาทางไฟฟ้า



รูปที่ 2.7 ตัวนำหมุน 1 รอบที่ขั้วแม่เหล็ก 2 คู่ขั้ว



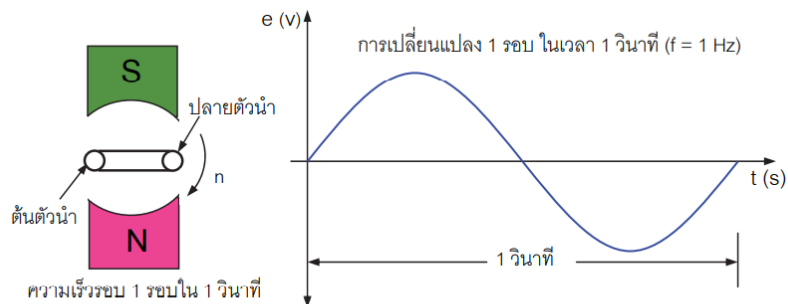
⚡ จะเห็นว่าที่ขั้วแม่เหล็ก 1 คู่ขั้วจะได้ $\theta_e = 360$ องศาทางไฟฟ้าและที่ขั้วแม่เหล็ก 2 คู่ขั้วจะได้ $\theta_e = 720$ องศาทางไฟฟ้าและที่ขั้วแม่เหล็ก 3 คู่ขั้ว จะได้ $\theta_e = 1080$ องศาทางไฟฟ้า นั่นคือถ้าจำนวนคู่ขั้วแม่เหล็กเพิ่มขึ้น มุมองศาทางไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นเป็น $\frac{P}{2}$ ขององศาทางกล ดังนั้น

$$\theta_e = \theta_m \times \frac{P}{2} \quad \dots (2.5)$$

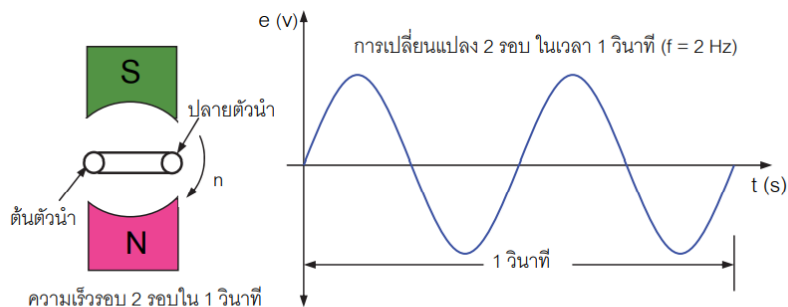
เมื่อ P คือจำนวนขั้วแม่เหล็ก

2.5.1 ความสัมพันธ์ระหว่างองศาทางไฟฟ้ากับองศาทางกล

⚡ ความถี่ (Frequency) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงของรูปคลื่นไฟฟ้าสลับตั้งแต่ 1 รอบหรือ 1 ไซเคิลขึ้นไป ภายใน 1 วินาทีที่มีหน่วยเป็น รอบต่อวินาทีหรือเฮิรตซ์ (Hz) ใช้ f เป็นอักษรกำกับ ซึ่งค่าที่มีผลต่อความถี่ของรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ มีดังนี้

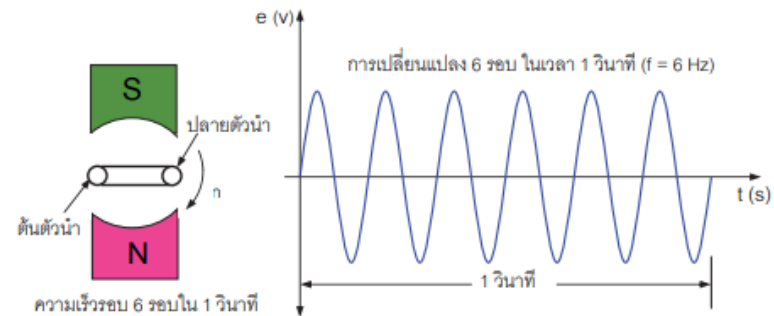


(ก) เมื่อตัวนำหมุน 1 รอบ ใน 1 วินาที



(ข) เมื่อตัวนำหมุน 2 รอบ ใน 1 วินาที

รูปที่ 2.8 การเกิดรูปคลื่นความถี่เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป



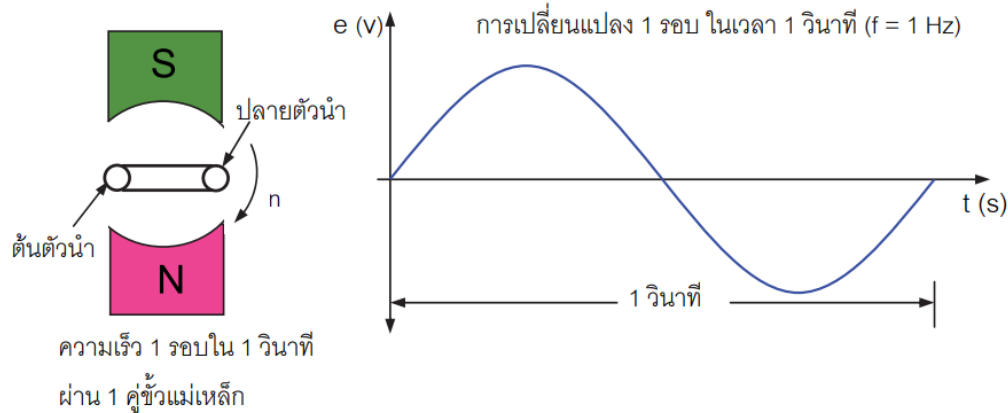
(ค) เมื่อตัวนำหมุน 6 รอบ ใน 1 วินาที

รูปที่ 2.8 (ต่อ) การเกิดรูปคลื่นความถี่เมื่อความเร็วรอบเปลี่ยนไป

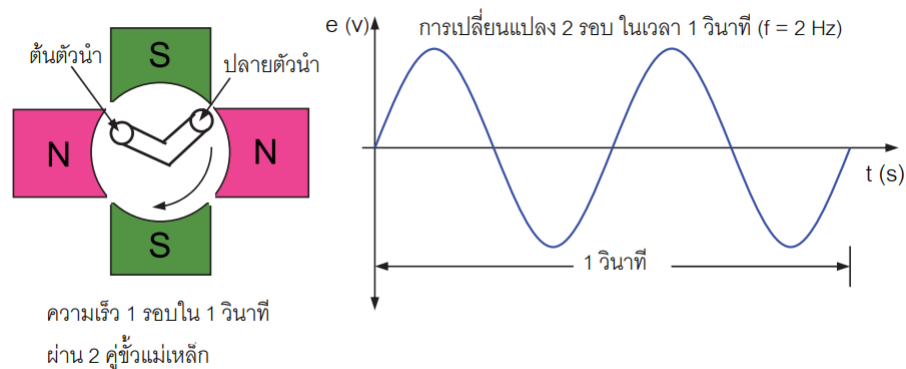


1. ความเร็วรอบในการหมุน (Revolution) จากรูปที่ 2.8 (ก) หมุนตัวนำ 1 รอบ ใน 1 วินาทีจะได้ความถี่ 1 Hz จากรูปที่ 2.8 (ข) หมุนตัวนำ 2 รอบ ใน 1 วินาทีจะได้ความถี่ 2 Hz และจากรูปที่ 2.8 (ค) หมุนตัวนำ 6 รอบ ใน 1 วินาทีจะได้ความถี่ 6 Hz ตามลำดับ





(ก) ตัวนำหมุน 1 รอบ ใน 1 วินาที ผ่าน 1 คู่ขั้วแม่เหล็ก



(ข) เมื่อตัวนำหมุน 1 รอบ ใน 1 วินาที ผ่าน 2 คู่ขั้วแม่เหล็ก
รูปที่ 2.9 ผลของความถี่เมื่อคู่ขั้วแม่เหล็กเพิ่มขึ้น



2. จำนวนคู่ขั้วแม่เหล็ก (Pair of pole) จากรูปที่ 2.9 (ก) เมื่อหมุนตัวนำ 1 รอบ ใน 1 วินาทีผ่าน 1 คู่ขั้วแม่เหล็ก จะได้ความถี่ 1 Hz หรือได้คลื่นไซน์ 1 รอบต่อวินาทีและจากรูปที่ 2.9 (ข) เมื่อหมุนตัวนำ 1 รอบ ใน 1 วินาทีผ่าน 2 คู่ขั้วแม่เหล็ก จะได้ความถี่ 2 Hz หรือได้คลื่นไซน์ 2 รอบต่อวินาที



ถัดไป



ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 2.9 (ก) และ 2.9 (ข) จะได้ $f \propto P$ (f แปรตาม P)

ดังนั้น
$$f = nP \quad \text{..... (2.6)}$$

จากสมการ (2.6) ส่วนมากแล้วข้อแม่เหล็กจะบอกมาเป็นจำนวนขั้วและความเร็วรอบจะกำหนดเป็นรอบต่อนาที (r/min) ดังนั้นจะได้ว่า

$$f = \frac{n}{60} \times \frac{P}{2}$$

$$f = \frac{nP}{120} \quad \text{..... (2.7)}$$

เมื่อ

f = ความถี่ (Hz)

P = จำนวนขั้วแม่เหล็ก

n = ความเร็วรอบในการหมุน (r/min)

ตัวอย่างที่ 2.1 จงคำนวณหามุมองศาทางไฟฟ้า เมื่อเครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนใน 1 รอบ ซึ่งมี ขั้วแม่เหล็กดังนี้

- ก. 8 ขั้วแม่เหล็ก
- ข. 12 ขั้วแม่เหล็ก
- ค. 36 ขั้วแม่เหล็ก

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน 1 รอบ

ดังนั้น

$$\theta_m = 360^\circ \text{ ทางกล}$$

- ก. 8 ขั้วแม่เหล็ก

$$\theta_e = \theta_m \times \frac{P}{2}$$

$$= 360^\circ \times \frac{8}{2}$$

$$\theta_e = 1440^\circ$$

มุมองศาทางไฟฟ้าที่ 8 ขั้วแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 1440° ทางไฟฟ้า

ตอบ

ข. 12 ขั้วแม่เหล็ก

$$\begin{aligned}\theta_e &= \theta_m \times \frac{P}{2} \\ &= 360^\circ \times \frac{12}{2} \\ \theta_e &= 2160^\circ\end{aligned}$$

มุมองศาทางไฟฟ้าที่ 12 ขั้วแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 2160° ทางไฟฟ้า

ตอบ

ค. 36 ขั้วแม่เหล็ก

$$\begin{aligned}\theta_e &= \theta_m \times \frac{P}{2} \\ &= 360^\circ \times \frac{36}{2} \\ \theta_e &= 6480^\circ\end{aligned}$$

มุมองศาทางไฟฟ้าที่ 36 ขั้วแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 6480° ทางไฟฟ้า

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.3 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุนใน 1 รอบ มีมุม 4320° ทางไฟฟ้าจงคำนวณหาขั้วแม่เหล็ก

วิธีทำ โจทย์กำหนดให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าหมุน 1 รอบ ดังนั้น $\theta_m = 360^\circ$ ทางกล

และ $\theta_e = 4320^\circ$ ทางไฟฟ้า

จากสมการ
$$\theta_e = \theta_m \times \frac{P}{2}$$

ดังนั้น
$$P = \frac{\theta_e}{\theta_m} \times 2 = \frac{4320^\circ}{360^\circ} \times 2$$

$$P = 24 \text{ ขั้ว}$$

ขั้วแม่เหล็กของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 24 ขั้ว

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบเครื่องยนต์ดีเซลมี 6 ขั้วแม่เหล็ก จงคำนวณหาความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เมื่อต้องการความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ

ก. 50 Hz

ข. 60 Hz

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่า

$P = 6$ ขั้ว

ก. ที่ความถี่ 50 Hz

$$n = \frac{120f}{P}$$
$$= \frac{120 \times 50}{6}$$

$$n = 1000 \text{ r/min}$$

ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1000 r/min

ตอบ

ข. ที่ความถี่ 60 Hz

$$n = \frac{120f}{P}$$
$$= \frac{120 \times 60}{6}$$

$$n = 1200 \text{ r/min}$$

ความเร็วรอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 1200 r/min

ตอบ

ตัวอย่างที่ 2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าแบบพลังน้ำมี 40 ขั้วแม่เหล็ก หมุนด้วยความเร็ว 150 r/min จงคำนวณหาความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำและมุมองศาทางไฟฟ้า

วิธีทำ โจทย์กำหนดค่า $P = 40$
 $n = 150 \text{ r/min}$

ดังนั้นความถี่ $f = \frac{nP}{120} = \frac{150 \times 40}{120}$
 $f = 50 \text{ Hz}$

ความถี่ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ 50 Hz

ตอบ

$$\begin{aligned}\theta_e &= \theta_m \times \frac{P}{2} \\ &= 360^\circ \times \frac{40}{2} \\ \theta_e &= 7200^\circ\end{aligned}$$

มุมองศาทางไฟฟ้าที่ 40 ขั้วแม่เหล็กมีค่าเท่ากับ 7200° ทางไฟฟ้า

ตอบ