SKYBOOK

e-book

วงจร ไฟฟ้าเบื้องต้น

(ไฟฟ้ากระแสสลับ)

2

วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น

(ไฟฟ้ากระแสสลับ)

2

วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2

คำนำ

หนังสือ **วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2** (รหัส 21041003) ในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) ของกรมอาชีวศึกษา พ.ศ. 2538 นี้ มีเนื้อหาสอดคล้องกับวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ (รหัส ชฟ.1222 และ ชอ. 9231) ของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล พ.ศ. 2538 ซึ่งผู้เขียนได้เรียบเรียงจากประสบการณ์ในการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ และจากคู่มืออ้างอิง เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในหลักการกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ คลื่นรูปไซน์ เฟสและเฟสเซอร์ จำนวนเชิงซ้อนและพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับที่มีโหลดเป็น R, L และ C รวมทั้งเรื่องกำลังไฟฟ้า และการแก้ตัวประกอบกำลัง จึงเหมาะสมที่จะใช้ประกอบการเรียนการสอนในวิชาดังกล่าว

ผู้เขียนหวังว่าหนังสือเล่มนี้จะใช้ประกอบการเรียนได้อย่างมีประโยชน์ต่อผู้เรียนและสามารถสร้างพื้นฐานความรู้ให้กับผู้เรียนได้เป็นอย่างดี หากมีสิ่งใดที่เป็นจุดบกพร่องจากการพิมพ์หนังสือเล่มนี้ ขอได้โปรดแจ้งที่สำนักพิมพ์หรือที่ผู้เขียนโดยตรง จักเป็นพระคุณยิ่ง

จิระวัฒน์ ใจอ่อนน้อม
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตนนทบุรี

ไฟฟ้าเบื้องต้น 2

สารบัญ

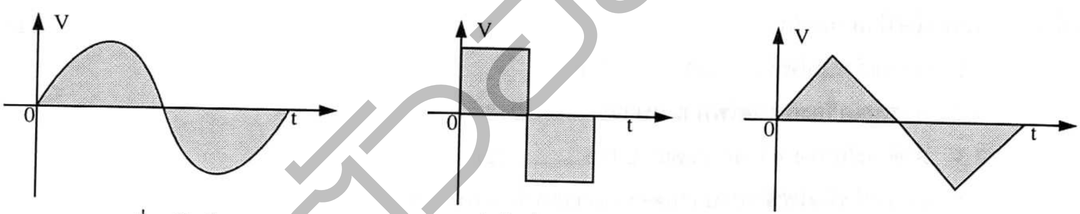
บทที่ 2 ไฟฟ้าเบื้องต้น

1 คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

1.1 กำเนิดคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ

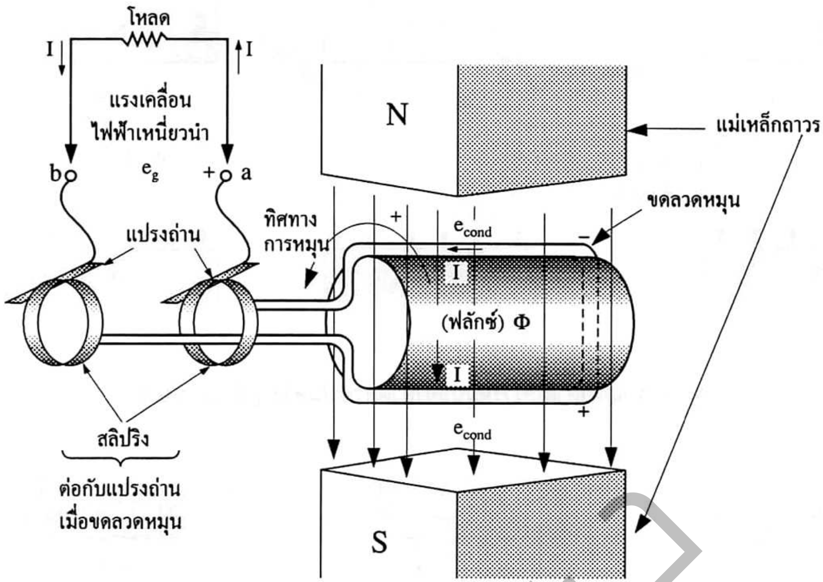
คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ คือ คลื่นของแรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้าที่ปรากฏทั้งในครึ่งวัฏจักรบวกและในครึ่งวัฏจักรลบ คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับใช้อักษรย่อว่า "AC" หรือ "Alternating Current" ลักษณะคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับมีหลายแบบดังรูป 1.1 (a) คลื่นรูปไซน์ (b) คลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส และ (c) คลื่นสามเหลี่ยม



คลื่นรูปไซน์ *(a)*　　คลื่นสี่เหลี่ยมจัตุรัส *(b)*　　คลื่นสามเหลี่ยม *(c)*

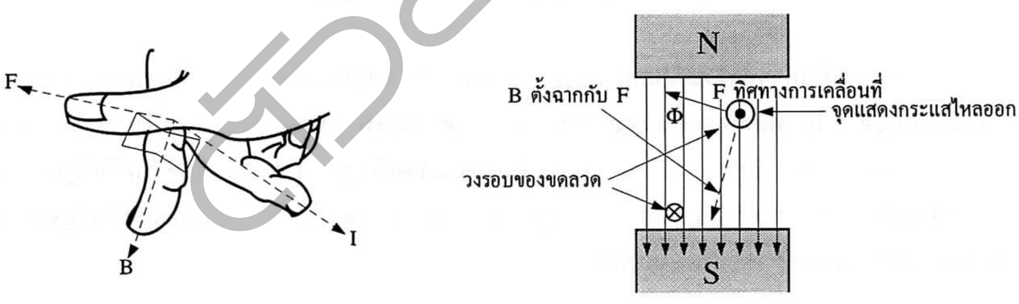
รูป 1.1 *แสดงลักษณะของคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับแบบต่าง ๆ*

หลักการเกี่ยวกับการกำเนิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั้น เกิดมาจากการวางขดลวดตัวนำให้เคลื่อนที่หรือหมุนอยู่ในสนามแม่เหล็ก จะได้แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่ปลายทั้งสองของลวดตัวนำ และค่าของกระแสและแรงดันไฟฟ้าที่ได้รับจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้น จะมีค่าเท่ากับค่าของฟังก์ชันไซน์ที่มุมของขดลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็ก ค่าของแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจะเกิดขึ้นมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับตำแหน่งของขดลวดตัวนำขณะหมุนตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กในสนามแม่เหล็กนั้น ถ้าทิศทางการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็ก แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงสุดและจะมีค่าน้อยลงเมื่อทิศทางการเคลื่อนที่ของขดลวดตัวนำตัดกับเส้นแรงแม่เหล็กในมุมน้อยกว่า 90 และจะมีค่าเป็นศูนย์เมื่อขดลวดตัวนำวางขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก ดังรูป 1.2



รูป 1.2 *โครงสร้างของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ*

การกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำนั้นเป็นไปตามกฎมือขวา (Right-hand rule) โดยนิ้วหัวแม่มือแทนทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นกับตัวนำ (F) นิ้วชี้แทนทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (B) และนิ้วกลางแทนทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการเหนี่ยวนำ (I) ดังรูป 1.3

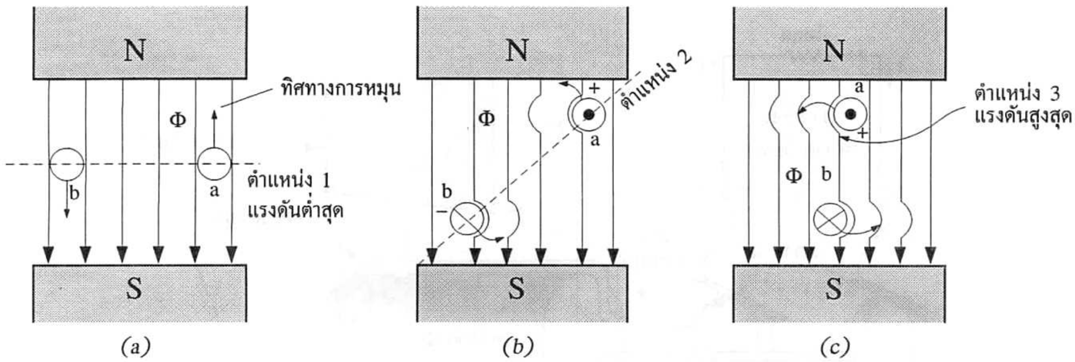


(a) *(b)*

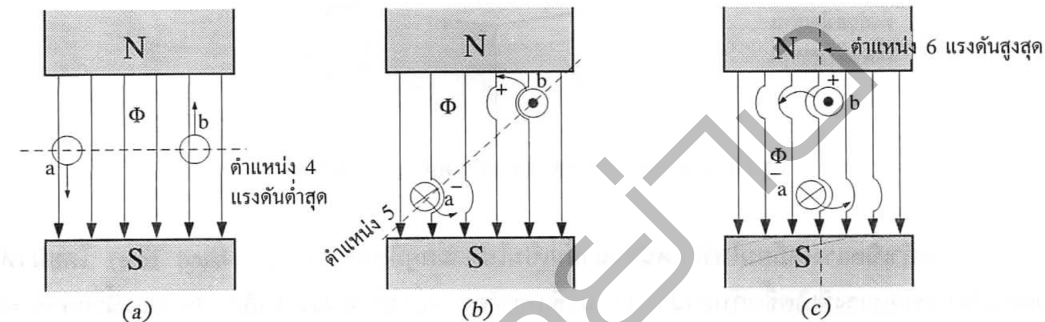
รูป 1.3 *แสดงกฎมือขวาของการกำเนิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำ*

จะเห็นว่าใน 1 วัฏจักร (Cycle) ของการหมุนขดลวดตัวนำ คือหมุนไป 360 ํทางกลนั้นจะเกิดรูปคลื่นไซน์ 1 ลูกคลื่นหรือ 1 วัฏจักร ถ้าขดลวดตัวนำนี้หมุนด้วยความเร็วคงที่ และสภาพของเส้นแรงแม่เหล็กมีความหนาแน่นเท่ากันตลอด รอบพื้นที่ของการตัดแรงดันไฟฟ้าสลับรูปคลื่นไซน์ที่ได้จะมีค่าคงที่ และถ้ามีการหมุนของขดลวดต่อเนื่องตลอดไป จะทำให้เกิดจำนวนรอบของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อเนื่องกันไป นั่นคือการเกิดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current voltage)

ลำดับขั้นการหมุนของตัวนำในครึ่งวัฏจักรด้านบวกแสดงตามลำดับในรูป 1.4 (a), (b), (c) และในครึ่งวัฏจักรด้านลบของรูปคลื่นไซน์แสดงตามลำดับในรูป 1.5 (a), (b), (c)

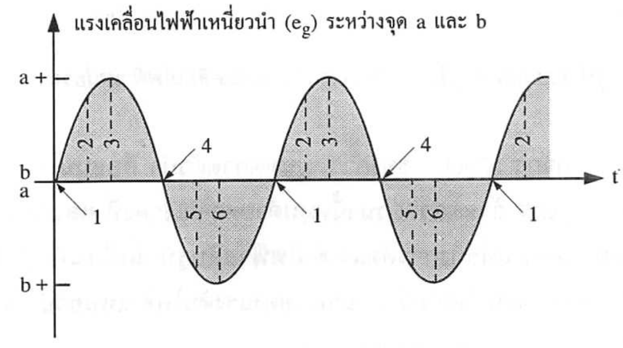


รูป 1.4 *แสดงลำดับการหมุนของลวดตัวนำในครึ่งวัฏจักรด้านบวก*



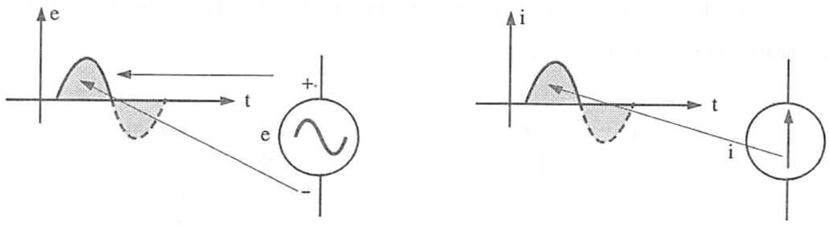
รูป 1.5 *แสดงลำดับการหมุนของลวดตัวนำในครึ่งวัฏจักรด้านลบ*

จากลำดับขั้นการทำงานดังแสดงในรูป 1.4 และ 1.5 จะเป็นผลให้เกิดแรงดันรูปคลื่นไซน์ดังแสดงในรูป 1.6 ตำแหน่งที่ 1 ในรูปเกิดจากขั้นตอนในรูป 1.4 (a) ตำแหน่งที่ 2 เกิดจากการหมุนในรูป 1.4 (b) และตำแหน่งที่ 3 เกิดจากการหมุนของตัวนำตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กในรูป 1.4 (c) สำหรับครึ่งวัฏจักรลบในรูป 1.6 เกิดจากลำดับขั้นตอนการหมุนของตัวนำในรูป 1.5 (a), (b) และ (c) ตามลำดับ และในวัฏจักรต่อ ๆ ไปยังคงเกิดการทำงานดังกล่าวต่อเนื่องตลอดไป



รูป 1.6 *แสดงรูปคลื่นไซน์ที่ได้จากการเหนี่ยวนำของเครื่องกำเนิดในรูป 1.2*

ในการศึกษาวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับนั้น ต้องมีการกำหนดสัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าและแหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสสลับขึ้นดังแสดงในรูป 1.7 (a) และ (b) เมื่อ (a) คือสัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ และ (b) คือสัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ

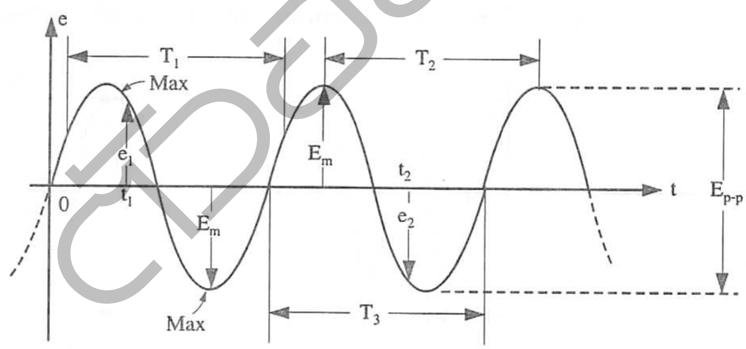


(a) (b)

รูป 1.7 *สัญลักษณ์ของแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับที่ใช้ในวงจรไฟฟ้า*

1.2 นิยาม

นิยามที่กำหนดสำหรับความหมายของเทอมต่าง ๆ ที่ใช้เรียกเกี่ยวกับรูปคลื่นไฟฟ้ากระแสสลับที่แสดงในรูป 1.8 มีความหมายที่สำคัญดังต่อไปนี้



รูป 1.8 *รูปคลื่นไซน์*

Instantaneous Value หมายถึง ขนาดของรูปคลื่นชั่วขณะที่เวลาใด ๆ ใช้ตัวอักษรตัวเขียนเล็กเป็นตัวกำหนด เช่น e_1, e_2 หมายถึง ขนาดของแรงดัน e_1 ที่เวลา t_1 เป็นต้น

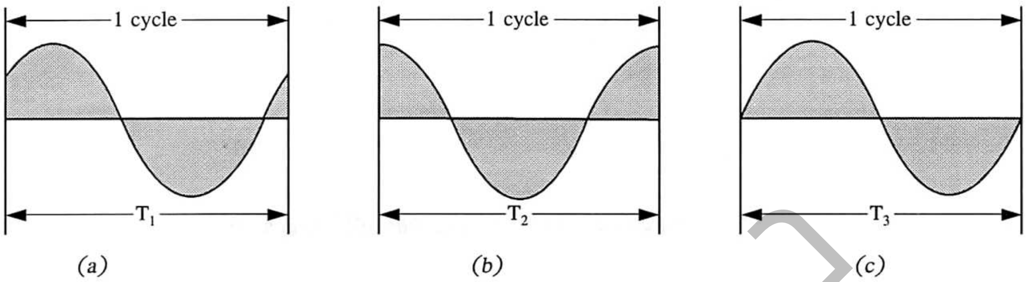
Amplitude หรือ Peak Value หมายถึง ค่าสูงสุดของรูปคลื่น ใช้ตัวอักษรตัวพิมพ์ใหญ่เขียนแทน เช่น E_m หรือ V_m เป็นต้น

Peak to Peak Value หมายถึง ค่าสูงสุดของรูปคลื่นจากด้านบวกถึงด้านลบ ใช้ตัวอักษร E_{p-p} หรือ V_{p-p} แทน เป็นต้น

Periodic Waveform หมายถึง รูปคลื่นที่เกิดต่อเนื่องหลาย ๆ คาบเวลา (เช่นในรูป 1.8)

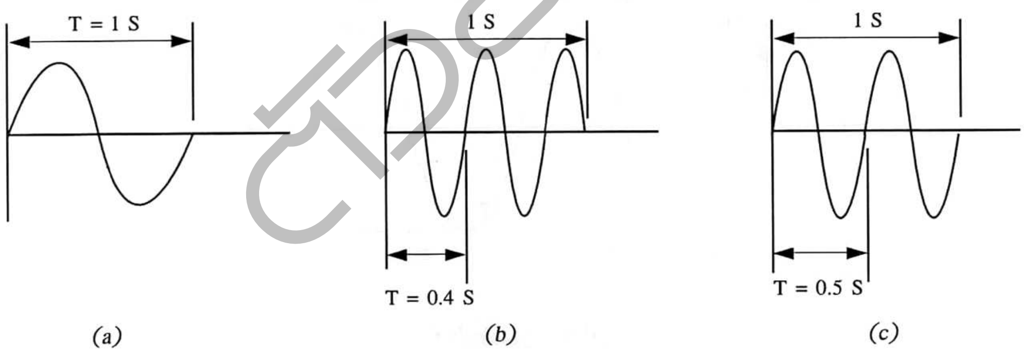
Period (T) หมายถึง คาบเวลาของ Periodic Waveform 1 วัฏจักร จากรูป 1.8 T คือ T_1 หรือ T_2 หรือ T_3

Cycle หมายถึง วัฏจักรของการกำเนิดรูปคลื่น 1 รอบ จากรูป 1.8 สามารถกำหนดวัฏจักรได้คือในช่วงคาบเวลา (T) เช่น ช่วงคาบเวลา T_1 หรือช่วงคาบเวลา T_2 หรือช่วงคาบเวลา T_3 ดังแสดงความแตกต่างให้เห็นชัดเจนในรูป 1.9 (a), (b) และ (c)



รูป 1.9 *แสดงคาบเวลา (T) 1 วัฏจักร ในลักษณะที่แตกต่างกัน*

Frequency (f) หมายถึง ความถี่ของรูปคลื่นไฟฟ้าสลับ หรือจำนวนวัฏจักรของรูปคลื่นต่อเวลา 1 วินาที ดังรูป 1.10 (a) เรียกว่ามีความถี่ = 1 วัฏจักรต่อวินาที หรือรูป 1.10 (b) มีความถี่ = $2\frac{1}{2}$ วัฏจักรต่อวินาที หรือรูป 1.10 (c) มีความถี่ = 2 วัฏจักรต่อวินาที เป็นต้น หน่วยของความถี่คือ เฮิรตซ์ (Hertz Hz)



รูป 1.10 *แสดงความถี่ต่าง ๆ ของรูปคลื่นไซน์*

1 Hz = 1 Cycle per second (c/s)

1 เฮิรตซ์ = 1 วัฏจักรต่อวินาที

....(1.1)

ความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ (f) และคาบเวลา (T) มีความสัมพันธ์กันดังสมการ (1.2), (1.3)

$$\boxed{f = \frac{1}{T}} \qquad \begin{aligned} f &= \text{Hz} \\ T &= \text{seconds (S)} \end{aligned} \qquad \text{....(1.2)}$$

หรือ $$\boxed{T = \frac{1}{f}} \qquad \text{....(1.3)}$$

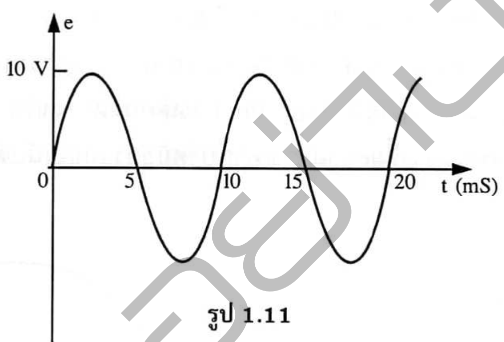
ตัวอย่าง 1.1 จงหาคาบเวลา (T) ของรูปคลื่นที่มีความถี่ 60 Hz และ 1,000 Hz

วิธีทำ

a. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{60} = 0.01667$ S หรือ 16.67 mS

b. $T = \frac{1}{f} = \frac{1}{1000} = 10^{-3}$S = 1 mS

ตัวอย่าง 1.2 จงคำนวณหาค่าความถี่ (f) ของรูปคลื่นไซน์ในรูป 1.11

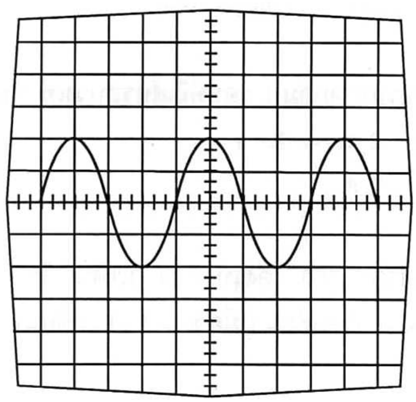


รูป 1.11

วิธีทำ จากรูป 1.11 ได้ค่าคาบเวลา (T) = 10 mS

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{10 \times 10^{-3}} = 100 \text{ Hz}$$

ตัวอย่าง 1.3 ภาพบนจอออสซิลโลสโคป ปรากฏดังแสดงในรูป 1.12 จงหาค่าของคาบเวลา (T) ความถี่ (f) และค่าแรงดันสูงสุด (V_m) ของรูปคลื่นดังกล่าว



Vertical sensitivity = 0.1 V/cm
Horizontal sensitivity = 50 μS/cm

รูป 1.12

วิธีทำ จากรูป 1.12 1 วัฏจักร = 4 cm

ดังนั้น $T = 4(50\ \mu S) = 200\ \mu S$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{200 \times 10^{-6}} = 5\ kHz$$

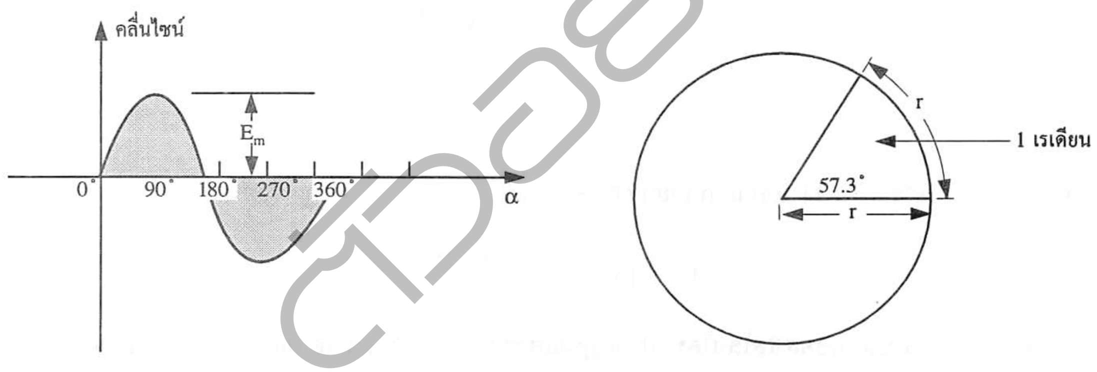
จากรูป 1.12 บนแกนตั้งมีความสูงของรูปคลื่น 2 cm

ดังนั้น $V_m = 2(0.1) = 0.2\ V$

1.3 คลื่นไซน์

ใน 1 วัฏจักรของรูปคลื่นไซน์เกิดจากการหมุนของตัวนำ 1 รอบ หรือ 360˚ ดังนั้นรูปคลื่นไซน์จึงปรากฏค่าสูงสุด (E_m) ทางด้านบวกที่มุม 90˚ และทางด้านลบที่มุม 270˚ เช่นเดียวกัน จุดที่แรงดันชั่วขณะของรูปคลื่นไซน์มีค่าเป็นศูนย์คือ จุดที่ตัวนำหมุนทำมุม 0˚ 180˚ และ 360˚ ดังรูป 1.13 (a)

ยังมีหน่วยของการวัดมุมรอบจุดศูนย์กลางของวงกลม (รอบการหมุน) ที่ใช้กันมากในวงจรไฟฟ้าอีกหน่วยหนึ่งคือ เรเดียน (Radian) หรือย่อว่า "rad" มุม 1 เรเดียนมีค่าเท่ากับ 57.3 ดังรูป 1.13 (b) มุม 1 เรเดียน หมายถึง มุมที่รองรับเส้นรอบวงที่มีความยาวเท่ากับรัศมีของวงกลมนั้นดังรูป 1.13 (b)



(a) คลื่นไซน์ที่ $\alpha = 0^\circ$ ถึง 360˚ *(b) มุม 1 เรเดียน*

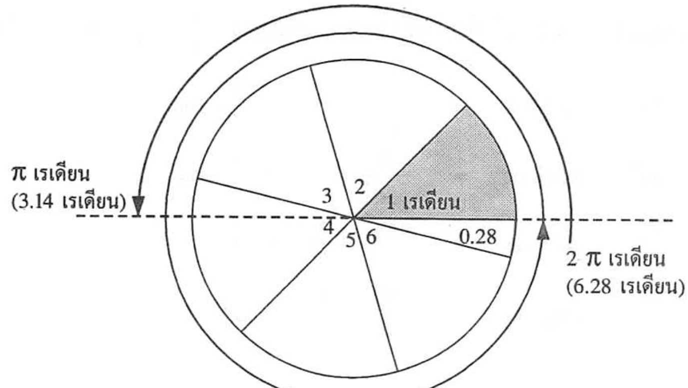
รูป 1.13 *แสดงคลื่นไซน์ และการกำหนดมุมเรเดียน*

เมื่อกำหนดให้ X คือ จำนวนรัศมี (r) ในรอบวงกลม 1 รอบที่มีเส้นรอบวงเท่ากับ 2 π ดังนั้น

$$C = 2\pi r = X\ r$$

หรือ $$X = 2\pi$$

นั่นคือ 2π เรเดียน จะเกิดขึ้นในวงกลมรอบ 360 ดังรูป 1.14 จะเห็นว่าใน 1 รอบวงกลมเมื่อแบ่งมุมในหน่วยเรเดียนจะได้เท่ากับ 2π เรเดียน หรือ 6.28 เรเดียน (เมื่อ $\pi = 3.14$ เรเดียน)



รูป 1.14

จากรูป 1.14 จะได้ว่า

$$\boxed{2\pi \text{ เรเดียน} = 360^\circ} \qquad ....(1.4)$$

$$\boxed{1 \text{ เรเดียน} \cong 57.3^\circ} \qquad ....(1.5)$$

ค่าคงที่ π มีค่าเท่ากับ

$$\pi = 3.14159\ 26535\ 89793\ 23846\ 26433...$$

ในทางปฏิบัติจะกำหนดให้ค่าคงที่ π เป็นดังสมการ (1.6)

$$\boxed{\pi = 3.14} \qquad ....(1.6)$$

การแปลงหน่วยระหว่างองศา (Degrees) กับเรเดียน (radians) เป็นไปดังสมการ (1.7) และ (1.8)

$$\boxed{\text{Radians} = \left(\frac{\pi}{180^\circ}\right) \times (\text{degrees})} \qquad ....(1.7)$$

$$\boxed{\text{Degrees} = \left(\frac{180^\circ}{\pi}\right) \times (\text{radians})} \qquad ....(1.8)$$

ตัวอย่าง 1.4 จงแปลงมุม 90˚ และ 30˚ เป็นเรเดียน และแปลงมุม $\frac{\pi}{3}$ $\frac{3\pi}{2}$ เรเดียนเป็นองศา

วิธีทำ

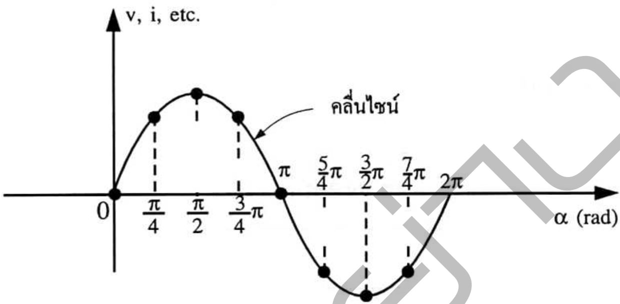
$$90^\circ \quad \text{Radians} = \frac{\pi}{180^\circ}(90^\circ) = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$$

$$30^\circ \quad \text{Radians} = \frac{\pi}{180^\circ}(30^\circ) = \frac{\pi}{6} \text{ rad}$$

$$\frac{\pi}{3} \quad \text{Degrees} = \frac{180^\circ}{\pi}\left(\frac{\pi}{3}\right) = 60^\circ$$

$$\frac{3\pi}{2} \quad \text{Degrees} = \frac{180^\circ}{\pi}\left(\frac{3\pi}{2}\right) = 270^\circ$$

ดังนั้นรูปคลื่นไซน์เมื่อเขียนในแกนมุมเรเดียน (α(rad)) จะเขียนได้ดังรูป 1.15 เมื่อ $\pi = 180^\circ$ และ $2\pi = 360^\circ$



รูป 1.15 *แสดงคลื่นไซน์ในมุมระหว่าง 0-2π (rad)*

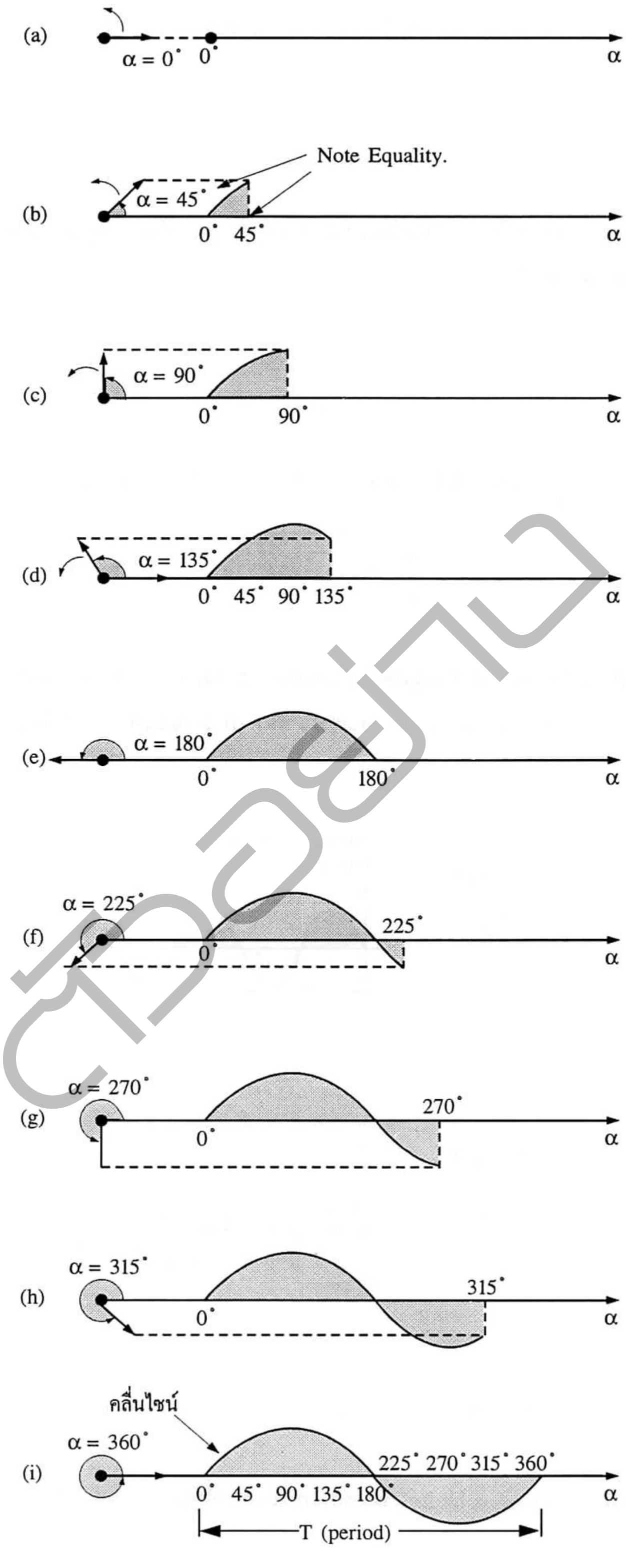
การหมุนของเวกเตอร์รอบจุดเป็นวงกลม ตั้งแต่มุม $\alpha = 0^\circ$ จนถึง $\alpha = 360^\circ$ ตามลำดับ เรียกว่า Angular velocity จะมีค่าเท่ากับสมการ (1.9)

$$\boxed{\text{Angular velocity} = \frac{\text{distance (degrees or radians)}}{\text{time (seconds)}}} \qquad ....(1.9)$$

เมื่อกำหนดให้ Angular velocity แทนด้วยอักษรกรีกโอเมก้า (ω) ดังนั้นจึงมีค่าเท่ากับสมการ (1.10)

$$\boxed{\omega = \frac{\alpha}{t}} \qquad ....(1.10)$$

เมื่อพิจารณารูป 1.16 จะเห็นว่าการหมุนของเวกเตอร์รอบจุดเป็นมุม 0 ถึง 360 จะทำให้เกิดการเปรียบเทียบกันได้กับรูปคลื่นไซน์ 1 วัฏจักรตามลำดับ ดังรูป 1.16 (a), (b), (c), (d), (e), (f), (g), (h) และ (i) เมื่อเวกเตอร์อยู่ที่ 0 จะทับกับแกน α (degrees หรือ radians) และเมื่อเวกเตอร์ค่อย ๆ หมุนจาก $\alpha = 0$ จนถึง $\alpha = 180^\circ$ จะเกิดคลื่นไซน์ครึ่งวัฏจักรบวก ในทำนองเดียวกันเมื่อเวกเตอร์หมุนจาก $\alpha = 180^\circ$ จนถึง $\alpha = 360$ จะเกิดคลื่นไซน์ครึ่งวัฏจักรลบ รวมแล้วใน 1 รอบการหมุนจะเกิดรูปคลื่นไซน์ 1 คาบเวลาเป็นมุมตั้งแต่ 0˚ ถึง 360˚ หรือ 0 rad ถึง 2π rad



รูป 1.16 *แสดงการเปรียบเทียบระหว่างเวกเตอร์ที่หมุนรอบจุดเป็นมุม 0° ถึง 360° กับคลื่นไซน์ที่ปรากฏ 1 วัฏจักร*

เมื่อ ω มีค่าเท่ากับ rad/second ดังนั้นมุม α จึงมีค่าดังสมการ (1.11)

$$\boxed{\alpha = \omega t} \qquad \text{....(1.11)}$$

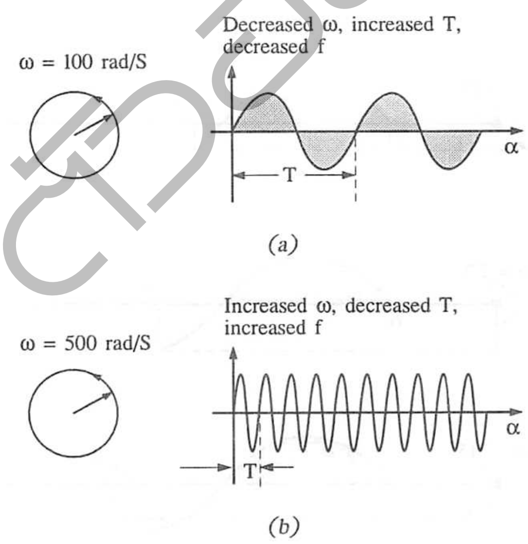
จากรูป 1.16 คาบเวลาที่จะทำให้คลื่นไซน์ปรากฏสมบูรณ์ใน 1 วัฏจักรคือ (T) ในหน่วยเรเดียน α จะมีค่าเท่ากับ 2π ดังนั้นค่า ω จึงเป็นไปดังสมการ (1.12)

$$\boxed{\omega = \frac{2\pi}{T}} \qquad \text{(rad/S)} \qquad \text{....(1.12)}$$

แต่ความถี่ (f) = $\frac{1}{T}$ ดังนั้นสมการของ ω จึงเปลี่ยนแปลงไปดังสมการ (1.13)

$$\boxed{\omega = 2\pi f} \qquad \text{(rad/S)} \qquad \text{....(1.13)}$$

เมื่อเปรียบเทียบค่าของ ω กับรูปคลื่นไซน์ที่เกิดขึ้นเมื่อค่า ω ไม่เท่ากัน เช่น ω = 100 rad/S และ ω = 500 rad/S ดังรูป 1.17 (a) และ (b) จะพบว่าค่า ω สูงจะมีค่าความถี่สูง และถ้า ω มีค่าต่ำ ค่าความถี่จะต่ำลงเช่นกัน



รูป **1.17** *แสดงการเปรียบเทียบคลื่นไซน์ที่ค่า ω แตกต่างกัน*

ตัวอย่าง 1.5 จงหาค่าของ Angular velocity (w) ของคลื่นไซน์ที่มีความถี่เท่ากับ 60 Hz

วิธีทำ $\omega = 2\pi f = (6.28)(60) \cong 377$ rad/S

ตัวอย่าง 1.6 จงหาค่าของความถี่ (f) และคาบเวลา (T) ของคลื่นไซน์ในรูป 1.17 (b)

วิธีทำ กำหนดให้

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{500} = \frac{6.28}{500} = 12.56 \text{ mS}$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{12.56 \times 10^{-3}} = 79.62 \text{ Hz}$$

ตัวอย่าง 1.7 กำหนดให้ $\omega = 200$ rad/S จงหาระยะเวลา (t) ที่ทำให้รูปคลื่นไซน์กำเนิดได้ถึงมุม $\alpha = 90^\circ$

วิธีทำ

$$\alpha = \omega t$$

$$t = \frac{\alpha}{\omega}$$

แต่

$$\alpha = 90^\circ = \frac{\pi}{2}$$

ดังนั้น

$$t = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{\pi/2}{200} = \frac{\pi}{400} = \frac{3.14}{400} = 7.85 \text{ mS}$$

ตัวอย่าง 1.8 จงหาค่ามุม (α) ของคลื่นไซน์ เมื่อรูปคลื่นไซน์มีความถี่ (f) = 60 Hz และกำเนิดมาเป็นเวลา (t) = 5 mS

วิธีทำ

$$\alpha = \omega t$$

$$\alpha = 2\pi f t = (6.28)(60)(5 \times 10^{-3}) = 1.884 \text{ rad}$$

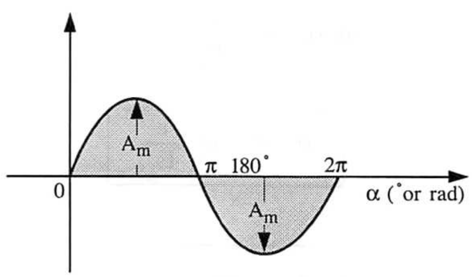
หรือ

$$\alpha(^\circ) = \frac{180^\circ}{\pi}(1.884) = 108^\circ$$

1.4 รูปแบบทั่วไปของแรงดันและกระแสรูปคลื่นไซน์

เมื่อกำหนดให้คลื่นไซน์ดังแสดงในรูป 1.18 สมการพื้นฐานของคลื่นไซน์คือ

$$\boxed{A_m \sin \alpha} \qquad \text{....(1.14)}$$



รูป 1.18 *แสดงคลื่นไซน์ 1 วัฏจักร*

เมื่อกำหนดให้ $\alpha = \omega t$ ดังนั้นสมการทางคณิตศาสตร์ของคลื่นไซน์ที่เวลา t ใด ๆ คือ

$$\boxed{A_m \sin \omega t} \qquad ....(1.15)$$

สำหรับกระแสไฟฟ้าที่เป็นคลื่นไซน์ (i) และแรงดันไฟฟ้าที่เป็นคลื่นไซน์ (e) สามารถเขียนสมการทั่วไปได้ดังนี้ คือ

$$i = I_m \sin \omega t = I_m \sin \alpha$$
$$e = E_m \sin \omega t = E_m \sin \alpha$$

เมื่อ
- i = กระแสไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลา t ใด ๆ
- e = แรงดันไฟฟ้าชั่วขณะที่เวลา t ใด ๆ
- I_m = กระแสสูงสุด (Peak)
- E_m = แรงดันสูงสุด (Peak)
- ω = Angular velocity
- t = เวลา

ตัวอย่าง 1.9 กำหนดให้ $e = 5 \sin \alpha$ จงหาค่าของ e ที่ $\alpha = 40^\circ$ และ e ที่ $\alpha = 0.8\pi$

วิธีทำ $\alpha = 40^\circ$

$$e = 5 \sin 40^\circ = 5(0.6428) = 3.214 \text{ V}$$

$\alpha = 0.8\pi$

$$\alpha(\ ) = \frac{180^\circ}{\pi}(0.8\pi) = 144^\circ$$

$$e = 5 \sin 144^\circ = 5(0.5878) = 2.939 \text{ V}$$

ในทำนองเดียวกันสามารถหาค่ามุม (α) ได้จากค่าของแรงดันและกระแสไฟฟ้า ดังสมการ (1.16) และ (1.17)

$$e = E_m \sin \alpha$$

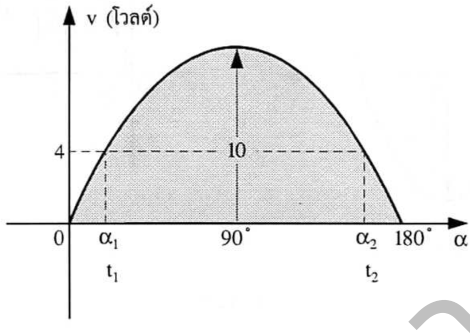
$$\sin \alpha = \frac{e}{E_m}$$

$$\boxed{\alpha = \sin^{-1} \frac{e}{E_m}} \qquad ....(1.16)$$

$$\boxed{\alpha = \sin^{-1} \frac{i}{I_m}} \qquad ....(1.17)$$

ตัวอย่าง 1.10 จากรูปคลื่นไซน์ครึ่งวัฏจักรบวกที่แสดงในรูป 1.19 กำหนดให้สมการ v = 10 sin 377t จงหาค่าของ (a) มุม α_1 และ α_2

(b) เวลา t_1 และ t_2



รูป 1.19

วิธีทำ (a) $\alpha_1 = \sin^{-1}\frac{e}{E_m} = \sin^{-1}\frac{4}{10} = \sin^{-1} 0.4 = 23.578^\circ$

จากรูป 1.19 ที่แรงดัน v = 4 V จะปรากฏ 2 ตำแหน่งคือ ที่ตำแหน่ง α_1 และ α_2 ดังนั้น

$$\alpha_2 = 180^\circ - 23.578^\circ = 156.422^\circ$$

(b) เมื่อ $\alpha = \omega t$ และ $t = \frac{\alpha}{\omega}$ (α มีหน่วยเป็น rad) ดังนั้น

$$\alpha(\text{rad}) = \frac{\pi}{180^\circ}(23.578^\circ) = 0.411 \text{ rad}$$

$$t_1 = \frac{\alpha}{\omega} = \frac{0.411}{377} = 1.09 \text{ mS}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{6.28}{377} = 16.66 \text{ mS}$$

$$\frac{T}{2} = \frac{16.66 \text{ mS}}{2} = 8.33 \text{ mS}$$

$$t_2 = \frac{T}{2} \quad t_1 = (8.33 \quad 1.09) \text{ mS} = 7.24 \text{ mS}$$

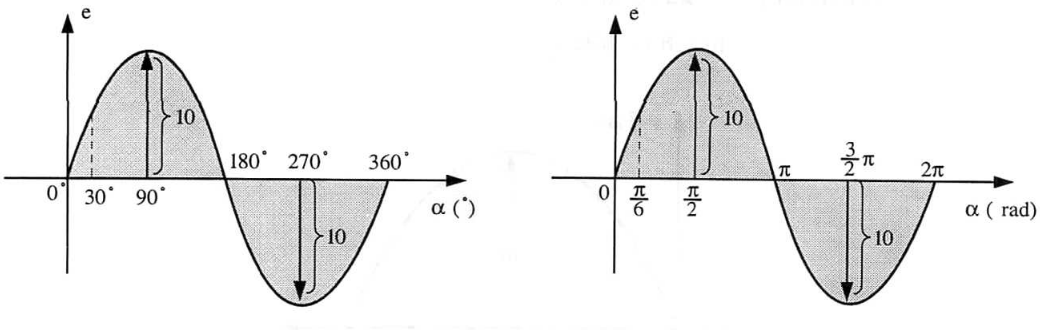
ตัวอย่าง 1.11 จงสเก็ตช์ภาพคลื่นไซน์ตามสมการแรงดัน e = 10 sin 314t โดยสเก็ตช์ 3 ลักษณะดังนี้

(a) กำหนด α หน่วย (degree)

(b) กำหนด α หน่วย (rad)

(c) กำหนดเวลา (t) หน่วย (seconds)

วิธีทำ (a) สเก็ตช์ภาพเมื่อแกน α หน่วยเป็น (degrees) ได้ดังรูป 1.20 (a)



(a) α (degrees) *(b) α (rad)*

รูป 1.20

(b) สเก็ตช์ภาพเมื่อแกน α หน่วยเป็น (rad) ได้ดังรูป 1.20 (b)

(c) สเก็ตช์ภาพในแกนเวลา (t) ต้องคำนวณหาค่า t ในช่วงมุม (α) ต่าง ๆ กันดังนี้

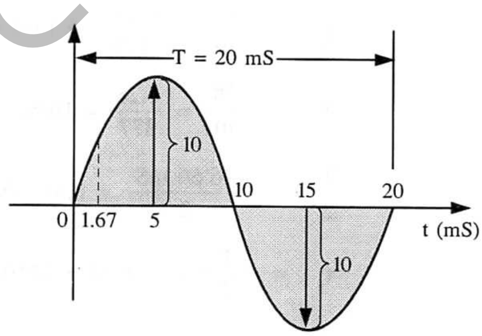
$$\alpha = 360^\circ \qquad T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{6.28}{314} = 20 \text{ mS}$$

$$\alpha = 180^\circ : \frac{T}{2} = \frac{20}{2} \times 10^{-3} = 10 \text{ mS}$$

$$\alpha = 90^\circ : \frac{T}{4} = \frac{20}{4} \times 10^{-3} = 5 \text{ mS}$$

$$\alpha = 30^\circ \quad \frac{T}{12} = \frac{20}{12} \times 10^{-3} = 1.67 \text{ mS}$$

สเก็ตช์ภาพได้ดังรูป 1.21



รูป 1.21 *t (Seconds)*

ตัวอย่าง 1.12 กำหนดให้ $i = 6 \times 10^{-3} \sin 1000t$, จงหาค่าของ i ที่เวลา t = 2 mS

วิธีทำ $\alpha = \omega t = 1000t = 1000 (2 \times 10^{-3}) = 2$ rad

$$\alpha(\ ) = \frac{180^\circ}{\pi}(2) = 114.59^\circ$$

$$i = 6 \times 10^{-3} \sin 114.59^\circ = (6 \times 10^{-3})(0.9093) = 5.46 \text{ mA}$$

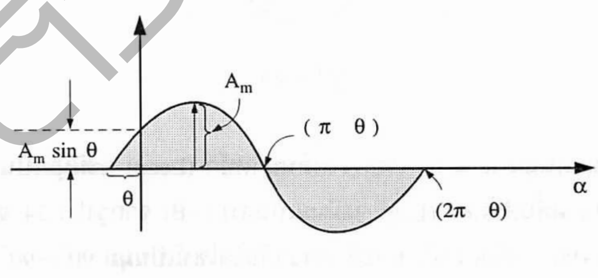
1.5 Phase Relations

รูปคลื่นไซน์เมื่อเริ่มจากแกน α ที่มุม $\alpha = 0$ ค่าสูงสุดของคลื่นไซน์จะปรากฏที่ $\alpha = \frac{\pi}{2}$ และ $\frac{3\pi}{2}$ ในทำนองเดียวกัน ค่าต่ำสุดของคลื่นไซน์ (เท่ากับศูนย์) จะปรากฏที่ $\alpha = 0, \pi$ และ 2π ดังแสดงในรูป 1.20 (b) ถ้าปรากฏว่ารูปคลื่นเลื่อนจากจุดศูนย์ (0) ไปทางซ้ายหรือทางขวา สมการของรูปคลื่นนั้นจะเป็นดังสมการ (1.18)

$$\boxed{A_m \sin(\omega t \pm \theta)} \qquad \text{....(1.18)}$$

เมื่อ θ คือมุมในหน่วยระหว่างองศาหรือเรเดียนที่รูปคลื่นเลื่อนไป ถ้ารูปคลื่นเลื่อนไปทางซ้าย (เกิดก่อนมุม 0°) ดังรูป 1.22 สมการ (1.18) จะเปลี่ยนไปดังสมการ (1.19)

$$\boxed{A_m \sin(\omega t + \theta)} \qquad \text{....(1.19)}$$



รูป 1.22

ในทำนองเดียวกันเมื่อรูปคลื่นเลื่อนไปทางขวา (เกิดหลังมุม 0°) ดังรูป 1.23 สมการ (1.18) จะเปลี่ยนไปดังสมการ (1.20) จะสังเกตเห็นว่าค่าของมุม θ จะเป็น (–)

$$\boxed{A_m \sin(\omega t\quad \theta)} \qquad \text{....(1.20)}$$

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย
บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
SKYBOOK
28, 30, 32 ซอยรังสิต-ปทุมธานี 16 ซอย 7
ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
โทรศัพท์ 0-2958-1125, 0-2958-1127 www.skybook.co.th
e-mail: sales@skybook.co.th, salesskybook@gmail.com

e-book

หมวดงานอาชีพ
วงจรไฟฟ้าเบื้องต้น 2
(ไฟฟ้ากระแสสลับ)

ISBN : 978-616-596-222-3
9 786165 962223
ราคา 300 บาท